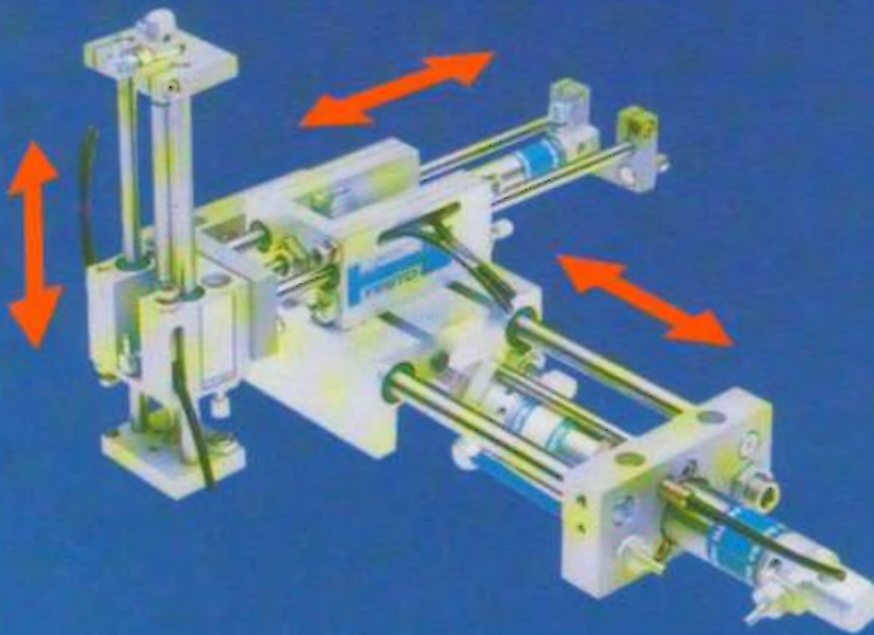
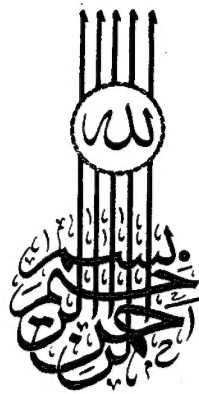


التحكم النيوماتيكي وتطبيقاته



المهندس أحمد عبد المتعال

**التحكم النيومايكي
وتطبيقاته**



سلسلة التحكم العملية

(٣)

التحكم النيوماتيكي وتطبيقاته

إعداد

المهندس / أحمد عبدالمتعال

جميع حقوق الطبع محفوظة

الطبعة الأولى

١٤١٧ هـ - ١٩٩٦ م

رقم الإيداع ١١٣١٩ / ٩٦

I.S.B.N.

977 - 5526 - 48 - 5



دار النشر للجامعات

صندوق بريد ١٣٠ محمد فريد - القاهرة
ت : ٣٩٣١٤٣٤ - تليفاكس : ٣٩١٢٢٠٩

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ »

صدق الله العظيم

شكرو وتقدير

أتقدم بخالص الشكر للدكتور طاهر جمال الدين أبو اليزيد أستاذ التحكم الآلى المساعد بكلية الهندسة جامعة عين شمس بقسم التصميم وهندسة الإنتاج على تعاونه الصادق البناء ، كما أتقدم بخالص الشكر لكل من ساهم معنا فى إعداد هذا الكتاب ، راجياً المولى العلى القدير أن يثيبهم على حسن عملهم وجزاهم الله خيراً .

مقدمة

عزيزى القارئ

إليك الكتاب الثالث من سلسلة التحكم العملية ، وهو (التحكم النيوماتيكي وتطبيقاته) . وذلك إيفاءً لوعدى لك فى بداية السلسلة بعرض أنظمة التحكم المختلفة بصورة عملية إن شاء الله .

ولقد حرصت فى هذا الكتاب أن أحافظ على نفس المسار الذى اتبعته فى الكتب السابقة ، ألا وهو التمهيد للقارئ المبتدئ ، وتدريب القارئ الفنى ، وإشباع القارئ المتخصص .

وبدأت هذا الكتاب بباب عن إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة ، ثم بباب عن عناصر التحكم النيوماتيكي ، ثم اتبعت ذلك بباب عن الدوائر النيوماتيكية الأساسية ثم تطبيقات على التحكم النيوماتيكي .

ولم يفتنى أن أتعرض للصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال فى الأنظمة النيوماتيكية ، ثم أنهيت الكتاب بباب عن الحسابات النيوماتيكية اللازمة لاختيار العناصر النيوماتيكية من كتالوجات الشركات المصنعة .

وأخيراً أرجو من الله أن ينفعنى وإياكم بالعلم النافع ، وأن يوفقنى لما يعود بالنفع على الأمة العربية ، للحاق بركب التكنولوجيا الحديثة فى التحكم .

المؤلف

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة
مقدمة الكتاب	٧
الباب الأول	
إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة	
١ - مقدمة	١٥
٢ - ١ مميزات وعيوب التحكم بالهواء المضغوط	١٧
٣ - ١ مصطلحات فنية	١٨
٤ - ١ الضواغط الهوائية	٢١
١ - ٤ - ١ الضواغط الترددية	٢٣
١ - ٤ - ٢ الضواغط الدوارة الريشية	٢٤
١ - ٤ - ٣ مقارنة بين الأنواع المختلفة للضواغط	٢٥
٥ - ١ تجفيف الهواء المضغوط	٢٧
٦ - ١ خطوط الهواء المضغوط	٣٤
٧ - ١ أدوات التوصيل	٣٨

الباب الثاني

عناصر التحكم الهوائي

١ - ٢ الأسطوانات الهوائية	٤٣
١ - ١ - ٢ الأسطوانات الأحادية الفعل	٤٣
٢ - ١ - ٢ الأسطوانات الثنائية الفعل	٤٤
٢ - ١ - ٣ الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة	٤٥

٥٢	٢ - ١ - ٤ طرق تثبيت الأسطوانات الخطية
٥٥	٢ - ٢ المحركات الهوائية
٥٧	٢ - ٣ الصمامات الاتجاهية
٦١	٢ - ٣ - ١ الصمامات الاتجاهية القفازة
٦٣	٢ - ٣ - ٢ الصمامات الاتجاهية المنزلقة
٦٦	٢ - ٣ - ٣ الصمامات الاتجاهية المنزلقة - القفازة
	٢ - ٤ الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة ومخفضات
٦٨	الصوت
٦٨	٢ - ٤ - ١ الصمامات اللارجعية
٧١	٢ - ٤ - ٢ الصمامات الخانقة
٧١	٢ - ٤ - ٣ الصمامات الخانقة اللارجعية
٧٣	٢ - ٤ - ٤ مخفضات صوت العادم
٧٤	٢ - ٥ صمامات التحكم في الضغط
٧٧	٢ - ٦ أجهزة قياس الضغط
٧٨	٢ - ٧ المرشحات المزودة بفواصل ماء
٨٠	٢ - ٨ المزيتات
٨١	٢ - ٩ وحدة الخدمة
٨٢	٢ - ١٠ البوابات المنطقية والقلابات الهوائية
٨٤	٢ - ١١ صمامات التأخير الزمني
٨٦	٢ - ١٢ العدادات الهوائية
٨٧	٢ - ١٣ الموديولات المنطقية
٩١	٢ - ١٤ المجسات التقاربية الهوائية
٩٤	٢ - ١٥ التفريغ
٩٦	٢ - ١٦ موانع التسريب والحشو

الباب الثالث

الدوائر الأساسية النيوماطيكية

- ١٠١ ١ - ٣ التحكم المباشر فى الأسطوانات
- ١٠٦ ٢ - ٣ التحكم الغير مباشر فى الأسطوانات
- ١٠٩ ٣ - ٣ التحكم فى الأسطوانات من مكانين مختلفين
- ٤ - ٣ التحكم فى الأسطوانات بصمامات نهاية المشوار
- ١١٢ الهوائية
- ١١٤ ٥ - ٣ تقليل سرعة الأسطوانات
- ١١٥ ١ - ٥ - ٣ خنق الهواء الدخل
- ١١٧ ٢ - ٥ - ٣ خنق هواء العادم
- ١١٨ ٣ - ٥ - ٣ خنق هواء المصدر
- ١١٩ ٦ - ٣ زيادة سرعة الأسطوانات
- ١٢١ ٧ - ٣ التحكم فى الأسطوانات باستخدام الموقتات الزمنية
- ١٢٣ ٨ - ٣ التحكم فى الأسطوانات باستخدام العدادات الهوائية
- ١٢٥ ٩ - ٣ التحكم فى الأسطوانات باستخدام المجسات التقاربية
- ١٢٧ ١٠ - ٣ التشغيل التتابعى للأسطوانات
- ١٢٨ ١ - ١٠ - ٣ التشغيل التتابعى المعتمد على الموضع
- ١٣٠ ٢ - ١٠ - ٣ التشغيل التتابعى المعتمد على الضغط
- ١٣٢ ١١ - ٣ التحكم فى المنفاخ الهوائى
- ١٣٣ ١٢ - ٣ التحكم فى وحدة الدفع بالتفريغ
- ١٣٤ ١٣ - ٣ التحكم فى المحركات الهوائية
- ١٣٧ ١٤ - ٣ المخططات التصويرية

الباب الرابع

تطبيقات على التحكم النيوماتيكي

- ١٤٢ ٤ - ١ جهاز رماية الأسلحة الخفيفة
- ١٤٦ ٤ - ٢ وحدة بعلقة المواسير الصلب
- ١٤٩ ٤ - ٣ دقاق الأحجار اليدوى
- ١٥٢ ٤ - ٣ بوابة الجراج الأفقية
- ١٥٤ ٤ - ٥ الدريل الهوائى
- ١٥٧ ٤ - ٦ وحدة ختم المشغولات البلاستيكية
- ١٦٠ ٤ - ٧ فريزة الخشب
- ١٦٣ ٤ - ٨ وحدة ثنى وتقب ألواح الصاج
- ١٦٨ ٤ - ٩ وحدة ختم الصناديق البريدية
- ١٧١ ٤ - ١٠ وحدة رفع الصناديق
- ١٧٥ ٤ - ١١ وحدة سك العملات المعدنية

الباب الخامس

الصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال

- ١٨٢ ٥ - ١ الصيانة الوقائية
- ١٨٤ ٥ - ١ - ١ صيانة ضواغط الهواء ومرفقاتها
- ١٨٧ ٥ - ١ - ٢ صيانة وحدات الخدمة والمصرفات والخطوط الهوائية
- ١٩١ ٥ - ١ - ٣ صيانة الأسطوانات الهوائية وصمامات التحكم
- ١٩٢ ٥ - ٢ اكتشاف الأعطال
- ١٩٦ ٥ - ٢ - ١ مشاكل الأسطوانات الهوائية وطرق علاجها
- ١٩٧ ٥ - ٢ - ٢ مشاكل الخطوط الهوائية وطرق علاجها

٥ - ٢ - ٣ المشاكل والأسباب المحتملة فى الضواغط

الترددية ١٩٨

الباب السادس

الحسابات النيوماتيكية

٦ - ١ اختيار الضاغط	٢٠٥
٦ - ١ - ١ تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل للضاغط	٢٠٨
٦ - ١ - ٢ اختيار نوع التحكم فى خرج الضاغط	٢١٣
٦ - ٢ اختيار أقطار مواسير الشبكة الهوائية	٢١٥
٦ - ٣ اختيار حجم الخزان المناسب	٢٢١
٦ - ٤ المعادلات الخاصة بالإسطوانات الهوائية	٢٢٢
ملحق ١ الوحدات المستخدمة فى النيوماتيك	٢٢٩
ملحق ٢ الرموز النيوماتيكية	٢٣٠
ملحق ٣ المصطلحات الفنية النيوماتيكية	٢٣٧
المراجع	٢٤٤

الباب الأول

إعداد الهواء المضغوط بصورة جافة

١ - ١ مقدمة :

إن كلمة نيوماتيك مشتقة من الكلمة الإغريقية Pneuma والتي تعنى (هواء رياح - تنفس) ، وهي تعرف بأنها علم هندسى يهتم بالهواء المضغوط وتدفعه.

واستخدام الهواء المضغوط ليس بالجديد ، ولكن الجديد هو استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ففي الفترة ما بين (1950 : 1940) ميلادية ، ونتيجة للتقدم الكبير فى صناعة اللدائن الصناعية أنتجت مواسير بلاستيك رقيقة ومتينة ، وبأحجام صغيرة ، بالإضافة إلى إنتاج الصمامات الاتجاهية ذات الأحجام الصغيرة مما حث الشركات على استخدام الهواء المضغوط فى التحكم . ولكن فى هذه الفترة كانت دوائر التحكم النيوماتيكية تحتاج لمجهود شاق عند التنفيذ ، حيث كان كل عنصر من عناصر الدائرة يثبت منفرداً . وإذا لم ينفذ نظام التحكم بدقة متناهية أصبح كابوساً معتماً بالنسبة للفنيين نتيجة للوصلات الكثيرة والمخيرة . لذا كان التحكم الهوائى (النيوماتيكي) محدود فى الصناعة لندرة الفنيين المدربين على ذلك آنذاك .

وفى منتصف عام 1960 ميلادية تقدمت صناعة صمامات التحكم واستخدمت الصمامات المنطقية فى الدوائر الهوائية . وكانت هذه الصمامات بالمواصفات الفنية التالية :

١ - صغيرة الحجم .

- ٢ - جميع فتحات التوصيل توجد أسفل الصمام .
- ٣ - استخدمت أرقام معبرة عن الوظيفة لترقيم مداخل ومخارج الصمامات .
- ٤ - تعمل هذه الصمامات فى مدى كبير للضغط .
- ٥ - يصل عمر التشغيل لهذه الصمامات إلى 100 ~ 5 مليون دورة تشغيل .
ويضاف على ذلك ظهور الوصلات السريعة التى تجعل عملية التوصيل تتم فى لحظات ، وكذلك ظهور بعض العناصر لكتم الصوت المزعج عند خروج الهواء الفائض من الصمامات . الأمر الذى أدى إلى تسهيل التركيب وتقليل تكلفة الدوائر الهوائية عن ذى قبل . وحيث يمكن القول بأن استخدامات الهواء المضغوط فى تزايد مستمر . فبالإضافة إلى انتشار الهواء المضغوط فى جميع ميادين التحكم فى الصناعة ، فهو يستخدم فى تشغيل آلات الورش ، وأعمال التعدين ، وإنشاء وإصلاح الطرق ... إلخ ، وذلك لعدة أسباب أهمها :
 - ١ - عدم تواجد التيار الكهربى فى أماكن استخدام هذه الآلات .
 - ٢ - سهولة حمل هذه الآلات .
 - ٣ - متانة الآلات العاملة بالهواء المضغوط وسهولة صيانتها .
 - ٤ - تصميم هذه الآلات للعمل فى الظروف الصعبة حيث الأتربة والماء .. إلخ .
 - ٥ - لا يتعرض العاملون بهذه الآلات لصدمة كهربية كما هو الحال فى الآلات العاملة بالتيار الكهربى .
 - ٦ - لا يخشى على هذه الآلات من الأحمال المفردة .

١ - ٢ مميزات وعيوب التحكم بالهواء المضغوط :

أولاً : المميزات :

- ١ - الهواء بلا مقابل ويمكن الحصول عليه فى أى مكان وبأى كمية مطلوبة .
- ٢ - يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الخطوط الهوائية لمسافات بعيدة .
- ٣ - لا نحتاج للتخلص من بقايا الهواء المضغوط ، حيث يمكن تسربها للجو بعد الانتهاء من العمل به .
- ٤ - الهواء غير حاس للتغير فى درجة الحرارة ، ولذلك يمكن استخدامه فى التحكم عند أى ظروف مناخية .
- ٥ - يفضل استخدامه فى الأماكن المعرضة للانفجارات والتى تحتوى على غازات متطايرة قابلة للاشتعال عن التحكم بالكهرباء لعدم احتمال حدوث أى شرارة .
- ٦ - الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط لا يخشى عليها من الأحمال المفرطة بعكس الآلات التى تعمل بالتيار الكهربى .
- ٧ - الهواء المضغوط نظيف ، ولذلك يمكن استخدام الهواء المضغوط فى الصناعات التى تحتاج إلى نظافة خاصة مثل الصناعات الغذائية ، وصناعة الغزل والنسيج .. إلخ .

ثانياً : العيوب :

- ١- ارتفاع تكلفة إنشاء وتشغيل وصيانة وحدات توليد وتخفيف الهواء المضغوط .

٢ - يلزم استخدام أحجام كبيرة للأسطوانات للحصول على قوى كبيرة ، وذلك لأنه يفضل عدم زيادة ضغط الهواء المضغوط عن 7 bar لتقليل التكلفة.

٣ - نظراً لقابلية الهواء للانضغاط لا يمكن الوصول إلى سرعات ثابتة لعناصر الفعل (أسطوانات ومحركات هوائية) عند تغير الأحمال .

١ - ٣ مصطلحات فنية Technical Expressions :

أ - الضغط Pressure :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة أى أن

$$\text{الضغط} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

وهناك ثلاثة أنواع من الضغوط هى :

١ - الضغط الجوى Atmospheric Pressure :

وهو ضغط الهواء على سطح البحر ويساوى بالنظام العالمى (Kg/cm²) 1.02 bar وبالنظام الإنجليزى (lb/Inch²) 14.7 Psi انظر ملحق - ١ .

٢ - الضغط المقاس Gauge Pressure :

وهو ضغط أى حيز من الهواء منسوباً للضغط الجوى .

٣ - الضغط المطلق Absolute Pressure :

وهو ضغط أى حيز من الهواء منسوباً إلى ضغط الفراغ . أى الحيز المفرغ من الهواء وهذا الضغط يساوى 0 bar أو 0 psi .

أى أن الضغط المطلق = الضغط المقاس + الضغط الجوى .

وعادة: فإن أجهزة قياس الضغط المستخدمة تقيس الضغط كضغط مقياس ،
أى منسوباً للضغط الجوى . والشكل ١ - ١ يبين العلاقة بين الضغوط الثلاثة
السابقة .

ب - درجة الحرارة Temperature :

هناك عدة تعبيرات معروفة

لدرجة الحرارة وهى :

١ - درجة الحرارة المحيطة Ambient

: temperature

وهى درجة حرارة الوسط

المحيط التى تعمل فيه الآلات

المختلفة ، وتقاس بالدرجة المثوية

°C ، أو الكلفن K أو بالفهرنهايت

°F . والعلاقة بينهم كالآتى :

$$K = 273 + C$$

$$F = 1.8 C + 32$$

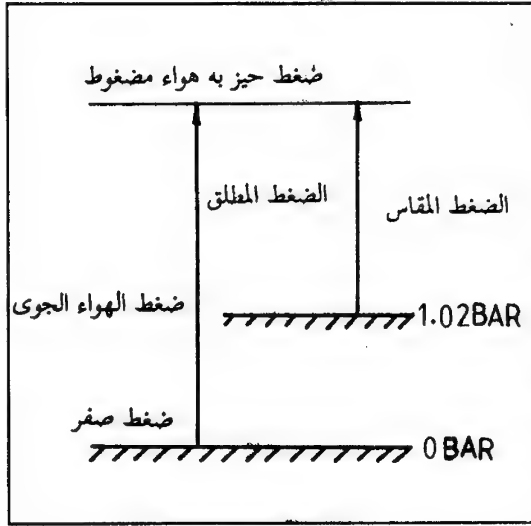
٢ - درجة الحرارة المطلقة Absolute temperature :

وهى درجة حرارة الأشياء المختلفة منسوبة للصفر المطلق والذى يساوى K

أو °C - 273

ج - قانون بويل للغازات :

يتناسب الضغط لأى كتلة من الغاز تناسباً عكسياً مع الحجم عند ثبات



الشكل ١ - ١

درجة الحرارة ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة الآتية :

$$PV = \text{ثابت}$$

حيث إن P هو الضغط ، V هو حجم الغاز .

د - قانون شارلز للغازات :

يتناسب حجم أى كتلة من الغاز تناسباً طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط ، ويمكن وضع هذا القانون فى الصورة التالية :

$$\frac{V}{T} = \text{ثابت}$$

حيث إن V هو الحجم ، T هى درجة الحرارة .

هـ - الرطوبة Humidity :

الرطوبة لفظ يطلق على بخار الماء الموجود فى الهواء ، وهناك عدة تعبيرات تتعلق بالرطوبة وهى :

١ - الهواء المشبع Saturated air :

وهو الهواء الغير قادر على حمل وزن إضافى من بخار الماء عند نفس الظروف من الضغط ودرجة الحرارة ، علماً بأن وزن بخار الماء اللازم لتشبع الهواء يزداد كلما ازدادت درجة حرارته والعكس بالعكس .

٢ - الرطوبة المطلقة Absolute Humidity :

وهى وزن بخار الماء بالجرام الموجود فى المتر المكعب من الهواء عند درجة حرارة معينة .

٣ - الرطوبة النسبية Relative Humidity :

وهى النسبة بين الرطوبة المطلقة للهواء الجوى عند درجة حرارة معينة

وضغط معين ووزن بخار الماء اللازم لتشبع المتر مكعب من الهواء الجوى عند نفس الظروف .

الرطوبة النسبية = $\frac{\text{الرطوبة المطلقة عند ظروف معينة من الضغط ودرجة الحرارة}}{\text{وزن بخار الماء اللازم لتشبع متر مكعب من الهواء عند نفس الظروف}}$
وعادة تعطى الرطوبة النسبية كنسبة مئوية بضرب ناتج العلاقة السابقة فى العدد 100 .

٤ - التكاثف Condensation :

يتكاثف بخار الماء الموجود فى الهواء كلما انخفضت درجة حرارته .

٥ - الهواء الجاف Dry Air :

وهو الهواء الخالى من الرطوبة تماماً ، ويقال فى هذه الحالة أن هذا الهواء له رطوبة مطلقة تساوى صفراً ، وكذلك رطوبة نسبية تساوى صفراً .

و - معدل التدفق الحجمى Volumetric Flow Rate :

يعرف تدفق الغازات بأنه حجم الغاز المار فى وحدة الزمن داخل حيز معين .
وتستخدم الوحدات التالية لقياس التدفق ، وهى المتر المكعب لكل ثانية (m³/sec) ، أو وحدة اللتر لكل ثانية (L/sec) ، أو وحدة القدم المكعب لكل دقيقة CFM (ft³/min) .

١ - ٤ الضواغط الهوائية Air Compressors :

يعتبر الضاغط الهوائى هو القلب النابض لأى نظام تحكم هوائى ، ويقوم الضاغط بتوليد الهواء المضغوط اللازم فى عمليات التحكم الهوائية حيث يدخل الهواء الجوى من خط السحب للضاغط بالضغط الجوى ، ويساوى تقريباً (1 bar) . ويخرج الهواء المضغوط المستخدم فى التحكم الهوائى من خط

الطرد للضاغط بضغوط تتراوح ما بين 5 : 10 bar . ويستخدم الهواء المضغوط في تشغيل عناصر الفعل الهوائية مثل : الأسطوانات والمحركات الهوائية الموجودة في الماكينات المختلفة ، وعادة تدار الضواغط الهوائية إما بمحركات كهربائية أو آلات احتراق داخلي ، أو توربينات غازية ، وتنقسم الضواغط الهوائية حسب نظرية عملها إلى :

١ - ضواغط الإزاحة الموجبة Positive Displacement Compressors :

ومبدأ عمل هذه الضواغط هو زيادة الضغط نتيجة لنقصان حجم معين للهواء ، وأهم هذه الضواغط :

أ - الضواغط الترددية Reciprocating Compressors .

ب - الضواغط الدوارة Rotary Compressors .

وهناك أنواع أكثر من الضواغط الدوارة أهمها : الضواغط الريشية Vane

Compressors .

٢ - الضواغط الديناميكية Dynamic Compressors :تقوم هذه الضواغط

بزيادة الضغط نتيجة لتحويل طاقة الحركة للهواء إلى طاقة ضغط ، وذلك عند مرور الهواء بداخلها ، حيث تحتوي على قرص مثبت به مجموعة من الزعانف بأشكال مختلفة ، ويسمى هذا القرص Impeller . وهناك عدة أنواع لهذه الضواغط مثل :

أ - الضاغط ذات التدفق القطري Radial Flow Comp.

ب - الضاغط ذات التدفق المحوري Axial Flow Comp.

ج - الضاغط ذات التدفق المختلط Mixed Flow Comp.

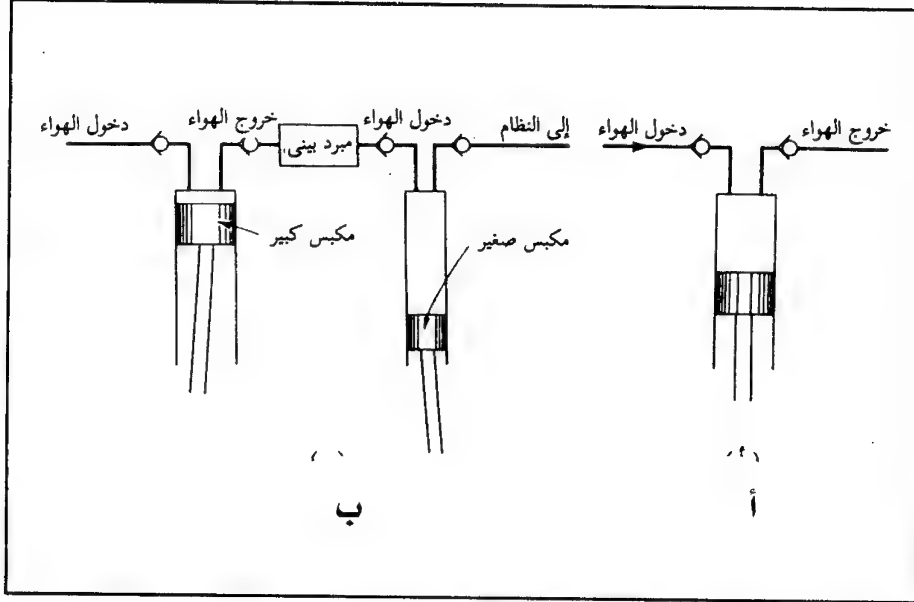
وسوف نكتفى فى هذا الكتاب بإلقاء الضوء على ضواغط الإزاحة الموجبة فقط .

١ - ٤ - ١ الضواغط الترددية Reciprocating Compressors :

يتكون الضاغط الترددى من أسطوانة أو أكثر ، وتحتوى كل أسطوانة على مكبس يتحرك حركة ترددية لسحب الهواء الجوى ، ثم ضغطه بالضغط المطلوب ، وتحتوى كل أسطوانة فى قاعدتها على صمامين ، أحدهما : يسمى صمام السحب ، حيث يفتح فى شوط السحب للمكبس لدخول الهواء الجوى ، والثانى : يسمى صمام الضغط ، حيث يفتح فى شوط الضغط لخروج الهواء المضغوط . وتوجد بعض الضواغط الترددية ذات مرحلة واحدة ، حيث يتم ضغط الهواء الجوى بداخل أسطوانة واحدة ، وهناك أنواع أخرى من الضواغط الترددية بمرحلتين ، أى يتم ضغط الهواء الجوى فى أسطوانة ويزاد ضغط الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى بضغطه ثانية فى أسطوانة ثانية ، علماً بأن الهواء المضغوط فى الأسطوانة الأولى يتم تبريده لدرجة حرارة الهواء الجوى بواسطة مبرد بينى Intercooler قبل دخوله الأسطوانة الثانية .

وهناك ضواغط ترددية تصل عدد مراحلها إلى ثلاث أو أربع مراحل ... إلخ . وفى الشكل ١ - ٢ رسومات توضيحية مبسطة لضاغط ترددى بمرحلة واحدة (الشكل أ) ، وضواغط ترددى بمرحلتين (الشكل ب) .

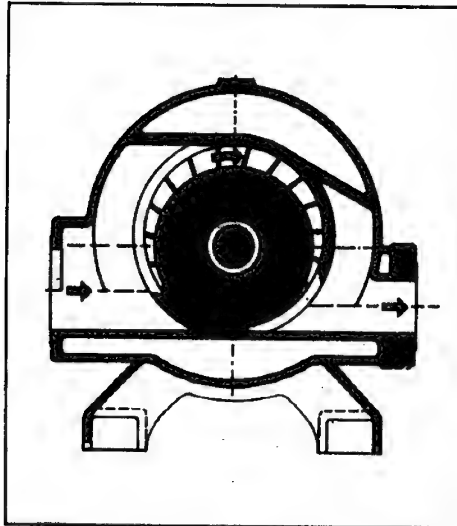
ملاحظة : حجم الإسطوانات فى الضواغط الترددية متعددة المراحل يتناقص بارتفاع رتبة المرحلة ، فمثلاً الضاغط الترددى ذى المرحلتين يكون حجم أسطوانة المرحلة الثانية له أصغر من حجم أسطوانة المرحلة الأولى ، وذلك لنقصان حجم الهواء المضغوط (ارجع لقانون بويل الفقرة ١ - ٣) .



الشكل ١ - ٢

١ - ٤ - ٢ الضواغط الدوارة الريشية Vane Compressors :

تتكون الضواغط الدوارة ذات الريش المنزلقة . من عضو دوار ، وهو عبارة



الشكل ١ - ٣

عن أسطوانة تحتوي على مجارى ، ويثبت بداخل كل مجرة ريشة معدنية أسفلها ياي دفع ، أما العضو الثابت للضواغط الدوار فهو أسطوانة مفرغة تحتوي على فتحتين جانبيتين وهما : فتحة سحب وفتحة طرد ، علماً بأن دوران العضو الدوار لا مركزي ، حيث يوجد إزاحة بين محور العضو الثابت والعضو الدوار ، وعند دوران العضو

الدوار ينشأ منطقة لسحب الهواء أمام فتحة السحب ، ومنطقة لضغط الهواء أمام فتحة الطرد . والشكل ١ - ٣ يعرض رسماً مبسطاً لضغط دوار . ويوجد ضواغط ريشية بمرحلتين ، حيث تثبت المرحلتين على نفس محور الدوران ، ويرد الهواء المضغوط الناتج من المرحلة الأولى بمبرد بينى تماماً كما هو الحال فى الضواغط الترددية .

١ - ٤ - ٣ مقارنة بين الأنواع المختلفة للضواغط :

والجدول ١ - ١ يعقد مقارنة بين التكلفة المبدئية والكفاءة ومستوى الضوضاء للأنواع المختلفة للضواغط :

الجدول ١ - ١

النوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
ترددى	متوسط منخفض	عالية	عالٍ جداً	تختار سمات لا تزيد عن $100\text{m}^3/\text{min}$ وضغط لا يزيد عن 7 Bar
ريشية	متوسط منخفض	أقل قليلاً من كفاءة الضواغط	منخفض خصوصاً الأنواع التى تبرد بالماء	يفضل استخدامها فى الضغوط التى تزيد عن 7 bar ، والسمات التى لا تزيد عن $100\text{m}^3 / \text{min}$ وتتراوح سرعتها من 250 : 3500 rpm وتعتمد على الحجم .
الطارد المركزى centrifugal	عالية	منخفض عند الأحجام الأقل من $170\text{m}^3/\text{min}$ وعالية عند السعات الأعلى من $200\text{m}^3 / \text{min}$	يمكن أن يقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء.	يفضل استخدامها عند سعات أعلى من $200\text{m}^3 / \text{min}$ وتصل سعاتها إلى $300\text{m}^3 / \text{min}$ ، وسرعتها تصل إلى 25000/ r.p.m .

تابع الجدول ١ - ١

النوع	التكلفة المبدئية	الكفاءة الحجمية	مستوى الضوضاء	ملاحظات
المحورية Axial	عالية	عالية	يمكن أن تقل باستخدام أنظمة تخميد الضوضاء	يفضل استخدامها عن سعات أعلى من 280 m ³ / min .

حيث إن :

التكلفة المبدئية : هي تكلفة إنشاء وحدة توليد الهواء المضغط والذي يعتبر الضاغط أحد عناصر هذه الوحدة .

الكفاءة الحجمية للضاغط :

$$\eta_v = \frac{\text{السعة الفعلية للضاغط}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$$

وتساوى (η_v) لمعرفة المزيد انظر الفقرة (٦ - ١) .

مستوى الضوضاء : وهو ضغط الصوت على بعد 1 m من الضاغط ويقاس بوحدة الديس بل (dB) .

والجدول ١ - ٢ يعرض مقارنة بين تكلفة الإدارة والتركيب والصيانة والتكلفة المبدئية للأنواع المختلفة للضاغط :

وجه المقارنة	الترددى	الريشية	الطارى المركزى	المحورى
التكلفة المبدئية	متوسط	منخفض جداً	متوسط	أقل من الترددى
تكلفة التركيب	عالية جداً	منخفضة جداً	منخفضة	منخفضة
تكلفة الإدارة	عالية	منخفضة جداً	الأقل تكلفة	منخفضة
تكلفة الصيانة	متوسطة	عالية	منخفضة	منخفضة

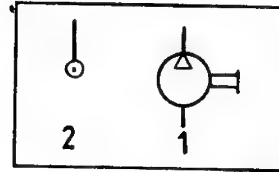
وعادة يكون عمر الضاغط حوالى 10 سنوات إذا كان يعمل باستمرار وعمره 10000 ساعة تشغيل إذا كان يعمل ويتوقف بعدد مرات لا يزيد عن 15 مرة فى الساعة وله زمن تشغيل لا يزيد عن نصف ساعة كل ساعة .

ويفضل استخدام أكثر من ضاغط بسعات منخفضة عن استخدام ضاغط واحد بسعة كبيرة فى المنشآت التى تحتوى على أحمال نيوماتيكية كثيرة لتفادى تعطل النظام بأكمله إذا تعطل الضاغط .

وفيما يلى رمز كلا من الضاغط ومصدر الضغط تبعاً للنظام العالمى المعمول به من قبل المنظمة العالمية للمواصفات

(International Organization of Standardization) ISO

حيث إن الرمز 1 الضاغط هواء والرمز 2 لمصدر الضغط .



١ - ٥ تجفيف الهواء المضغوط

للحفاظ على سلامة العناصر العاملة بالهواء المضغوط يجب تجفيف الهواء المضغوط من الرطوبة ، بحيث لا يزيد المحتوى المائى عن 0.001 g/m^3 ، ويتم تجفيف الهواء المضغوط بخفض درجة حرارته (ارجع للفقرة ١ - ٣ هـ) .
وهناك عدة طرق لتجفيف الهواء المضغوط أهمها :

أ - المبرد البيني inter cooler :

ويوجد هذا المبرد بين المراحل المختلفة للضواغط ، وهو بداخل الضاغط كما هو موضح بالشكل ١ - ٢ ب .

ب - خزان الهواء Air receiver :

عادة يجمع الهواء المضغوط بواسطة الضاغط فى خزان الهواء لعدة أسباب أهمها :

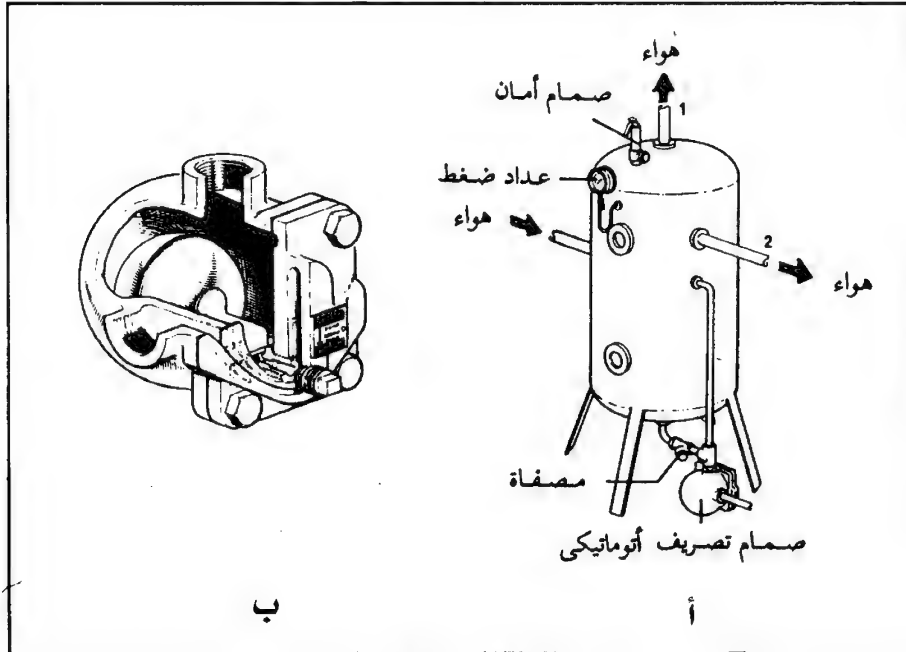
١ - عند استخدام الضواغط الترددية فإن الهواء المضغوط يكون على شكل موجات انضغاطية ، فإذا انتقل الهواء المضغوط بهذه الصورة إلى نظام التحكم الهوائى يؤدي ذلك إلى انهياره وإلى إحداث ضجيج شديد يؤذى العاملين ، لذلك توضع الخزانات بجوار الضواغط لمنع انتقال هذه الموجات إلى باقى نظام التحكم الهوائى .

٢ - تقوم الخزانات بتخزين الهواء المضغوط فى أوقات الأحمال الخفيفة لاستخدامه وقت الذروة .

٣ - نظراً لأن الهواء المضغوط المخزن داخل الخزانات تكون درجة حرارته مرتفعة عن الهواء الجوى ، لذا يحدث انتقال حرارى بواسطة الإشعاع من الهواء المضغوط إلى الهواء الجوى يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الهواء المضغوط ، فتقل قدرته على حمل بخار الماء ، ويتكاثف جزء من بخار الماء ، وفيما يلي رمز الخزان تبعاً للمواصفات القياسية العالمية



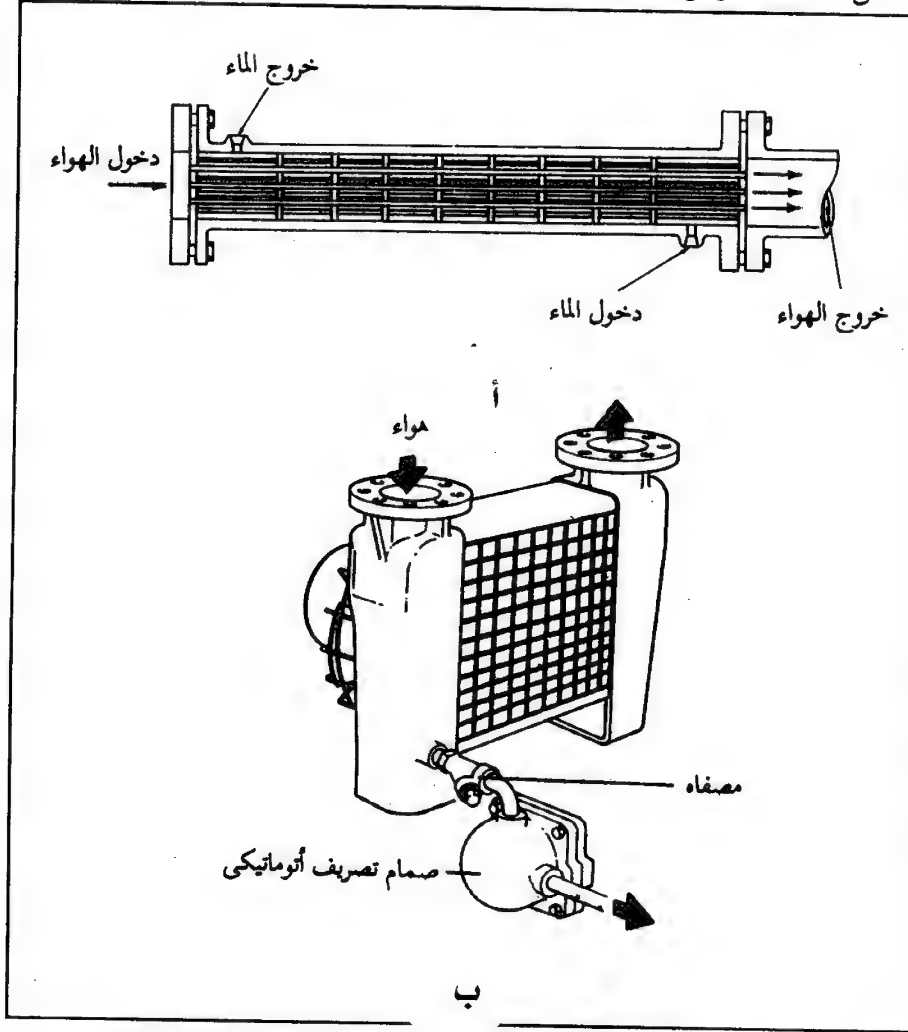
وعادة يثبت صمام أمان safty valve على الخزان لحماية الخزان من زيادة الضغط عن الحد المسموح به عند حدوث عطل فى نظام التحكم للضاغط ، وأيضاً يوجد عداد ضغط Presseure gauge لمتابعه ضغط الهواء داخل الخزان ، كذلك يثبت أسفل الخزان صمام تصريف أوتوماتيكي Automatic drain valve ، ويقوم هذا الصمام بتصريف الماء المتجمع أسفل الخزان ، وهناك أنواع كثيرة من صمامات التصريف الأتوماتيكية أهمها النوع ذو العوامة الكروية Aball float type وهذا الصمام يكون مغلقاً طالما أن مستوى الماء بداخله منخفض ، وبمجرد إرتفاع مستوى الماء بداخله لحد معين ترتفع العوامة فيفتح الصمام لخروج الماء المتكاثف بداخله ، ثم يغلق من جديد . والشكل ١ - ٤ أ يبين شكل خزان رأسى من صناعة شركة sarco ، مثبت فيه صمام أمان وعداد ضغط ، وصمام تصريف أوتوماتيكي بعوامة . أما الشكل ١ - ٤ ب فيعرض قطاعاً داخلياً لصمام التصريف الأتوماتيكي ذى العوامة من صناعة Spirax sarco .



الشكل ١ - ٤

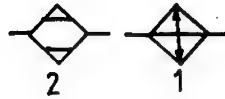
جـ - مبرد الإعادة After cooler :

يوضع مبرد الإعادة بين الضاغط والخزان ، ويقوم هذا المبرد بتبريد الهواء المضغوط نتيجة لمرور ماء بارد حول خط الهواء المضغوط في قمصان تبريد معدة لذلك ، وينتج عن ذلك تكاثف بخار الماء . وهناك أنواع من مبردات الإعادة تبرد الهواء المضغوط عن طريق دفع الهواء الجوى Air blast after coller . والشكل ١ - ٥ يعرض نموذجين من مبردات الإعادة ؛ أحدهما : يبرد الهواء



الشكل ١ - ٥

بإمرار ماء بارد حول خط الهواء المضغوط (الشكل أ) . والثاني يبرد الهواء المضغوط بدفع هواء بارد (الشكل ب) . وهما من إنتاج شركة Sarco .
وفيما يلي رموز كلا من مبرد الهواء المضغوط ، ومجفف الهواء بصفة عامة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية، حيث إن الرمز 1 لمبرد هواء مضغوط ، والرمز 2 لمجفف هواء .



ملاحظة :

يوجد وحدات تبريد تعمل بالفريريون Refrigeration units تستخدم أحياناً لتبريد الهواء المضغوط إذا تعذر استخدام مبرد الإعادة ، أو إذا لم يكن مبرد الإعادة قادراً على الوصول إلى محتوى مائي لا يزيد عن 0.001 g/m^3 .
والشكل ١ - ٦ يعرض المخطط التكنولوجي لوحدة توليد هواء مضغوط ومجفف وهي تتكون من :

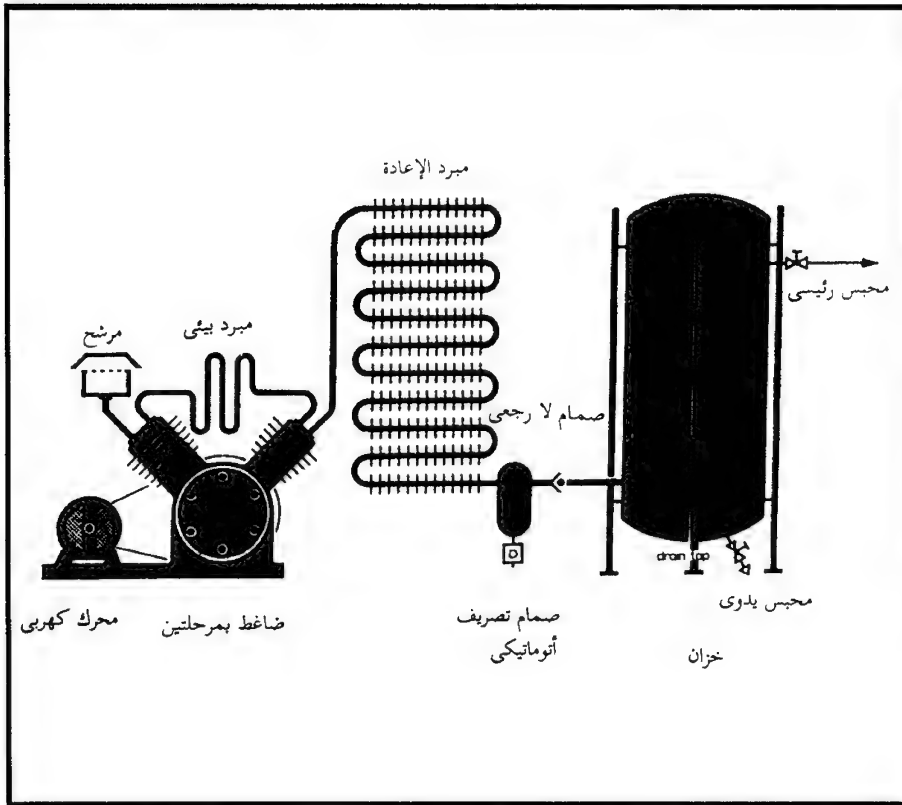
- محرك كهربى لإدارة الضاغط .
- ضاغط بمرحلتين يحتوى على مبرد بينى لتوليد الهواء المضغوط .
- مبرد إعادة لتبريد الهواء المضغوط لتكثيف الماء العالق به .
- صمام تصريف أوتوماتيكي لتصريف الماء المتكاثف من الهواء المضغوط بعد خروجه من مبرد الإعادة .

- صمام لا رجعى لمنع التدفق العكسى للهواء المضغوط من الخزان إلى الضاغط .

- خزان هواء مضغوط لتخزين الهواء المضغوط المجفف لوقت الحاجة .

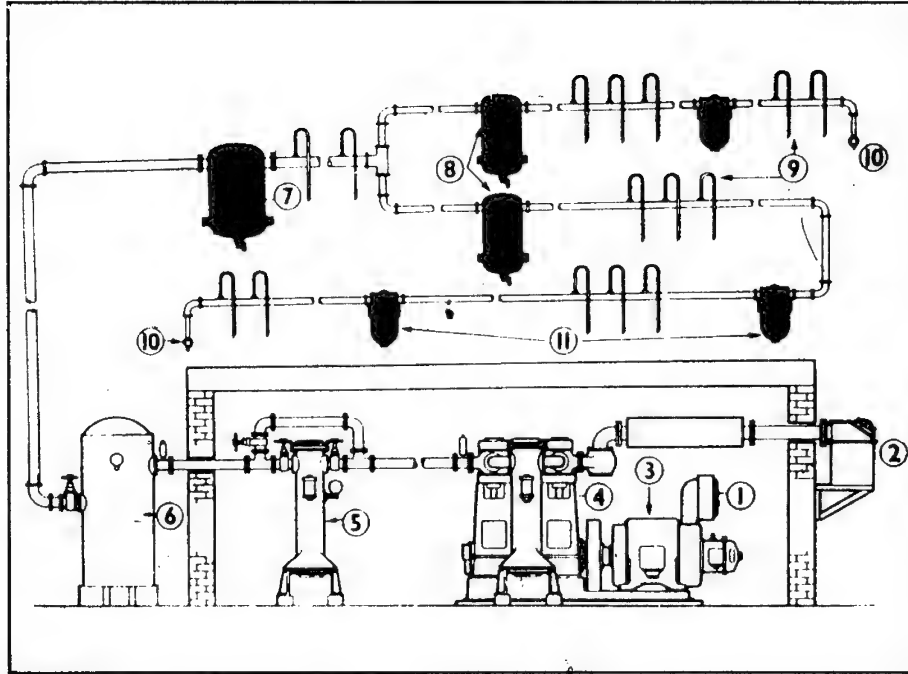
- محبس يدوى لتصريف الماء المتكاثف فى الخزان .

- محبس رئيسى يتم فتحه أثناء دخول وحدة توليد الهواء المضغوط للخدمة فى حين يتم غلقه أثناء عمليات الصيانة .



الشكل ١ - ٦

وبعد أن تعرّفنا على مراحل إعداد الهواء المضغوط جافاً لكي يكون صالحاً للاستخدام في دوائر التحكم الهوائية . جاء الدور لاستعراض نموذج متكامل يحتوى على جميع الأجهزة المستخدمة لمعالجة الهواء المضغوط وصولاً للأحمال ، وهذا موضح بالشكل ١ - ٧ تبعاً لتوصيات شركة (Vckes limited)



الشكل ١ - ٧

حيث إن :

7	مرشح بفواصل ماء للخط الرئيسى	1	فلتر لنظام تهوية المحرك
8	مرشحات بفواصل ماء للخطوط الفرعية	2	فلتر الهواء الداخلى لضغط
	أفرع تغذية الماكينات العاملة بالهواء	3	محرك كهربى
9	المضغوط	4	ضاغط
10	صمام تصريف أوتوماتيكى بكرة	5	مبرد الإعادة
11	مرشحات الخطوط الفرعية	6	الخزان

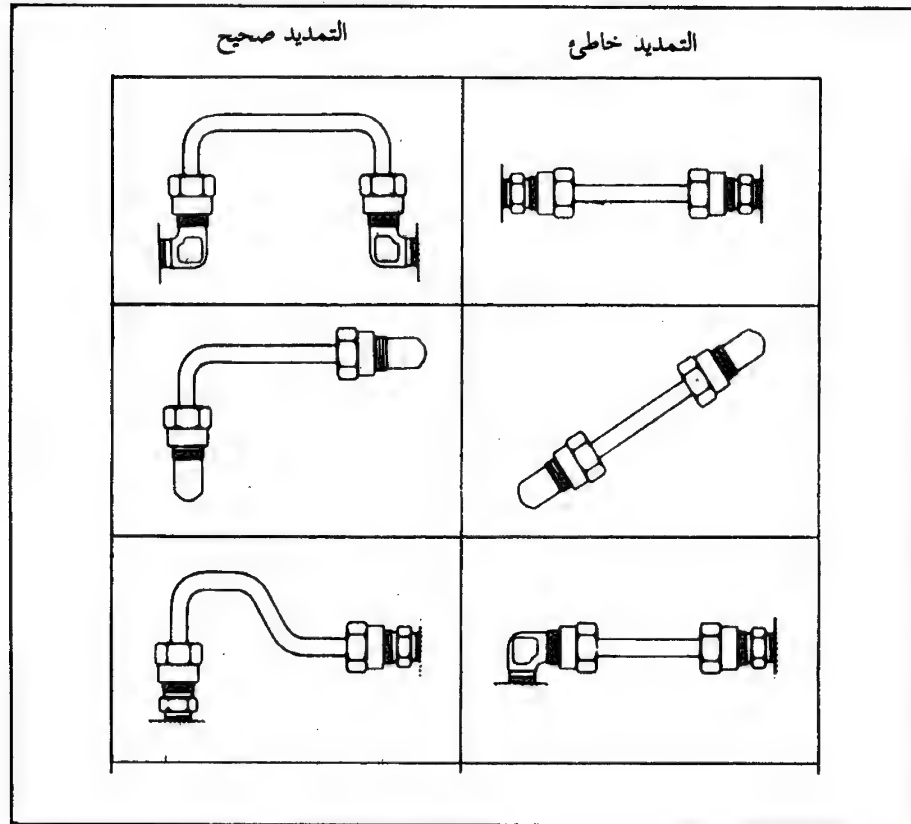
ملاحظة : سوف نتناول المرشحات ذات فواصل الماء فى الفقرة ٢ - ٧ فيما

بعد.

١ - ٦ خطوط الهواء Air Lines

تعرف خطوط الهواء المستخدمة فى أنظمة التحكم الهوائية بأنها : خطوط إمداد الهواء المضغوط من وحدة توليد الهواء المضغوط بالمنشأة إلى جميع الآلات التى تعمل بالهواء المضغوط ، وهناك ثلاثة أنواع من الخطوط الهوائية وهى :

١ - المواسير الصلبة : هى تصنع عادة من الصلب المجلفن ، وهناك



الشكل ١ - ٨

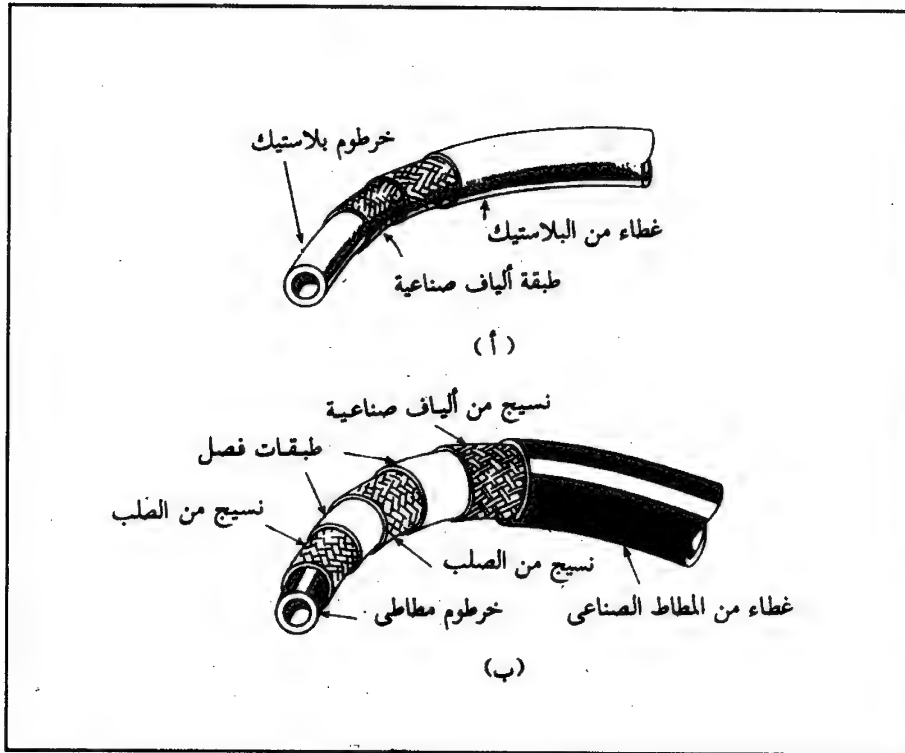
عنصران هامان لاختيار هذه المواسير وهما : القطر الخارجى OD القطر الداخلى ID ، الأقطار الخارجية لهذه المواسير بالملى متر كالاتى 15, 20, 25, 40, 50, 80 , 100, 125, 150, 200 .

٢ - أنابيب شبه صلبة : وتصنع عادة من الألومنيوم والنحاس والإستنلس تيل . وتحتاج هذه الأنابيب إلى عدد قليل من أدوات التوصيل وذلك لإمكانية تثبيتها والشكل ١ - ٨ يعرض طرق التركيب الصحيحة والخاطئة للأنابيب شبه صلبة تبعاً لتوصيات شركة Weatherhead Co. .

علماً بأن قطر انحناء الأنابيب شبه الصلبة يجب ألا يقل عن D (3 : 2 1/2) حيث إن D هو القطر الخارجى للأنبوبية .:

٣ - الخراطيم المرنة : تستخدم الخراطيم المرنة عند الحاجة لمرونة خطوط التوصيل على سبيل المثال : وصلات الأسطوانات المتحركة .. وأيضاً فى الأماكن التى تتعرض لاهتزازات شديدة . وتصنع الخراطيم المرنة من البلاستيك أو المطاط . وفي الماضي كان يعاب على خراطيم المطاط بانهيائها عند ملامسة الزيت . أما خراطيم البلاستيك فكانت تفقد مرونتها عند انخفاض درجة الحرارة المحيطة . ولكن بتقدم صناعة اللدائن الصناعية أمكن التغلب على هذه المشاكل ، حيث تصنع خراطيم المطاط والبلاستيك بأقطار تصل إلى 25 mm ، ونحمل درجات حرارة تتراوح ما بين 60 °C : - 10 °C ، وتحمل ضغوط تشغيل تتراوح ما بين 7 : 10 bar . ولقد ظهرت تصميمات من خراطيم المطاط تتكون من قلب داخلى من المطاط المقاوم للزيت ومحاطة بفرشة من القطن ، ثم طبقة ناعمة خارجية . أما خراطيم البلاستيك فأصبحت مقواة بشريط حلزوني من التريلين لتقويتها ، وعادة يفضل استخدام خراطيم البلاستيك لما لها

من مميزات كثيرة عن خرطوم المطاط . غير أن خرطوم المطاط تستخدم عند الحاجة لخطوط مرنة تتحمل إجهادات ميكانيكية لاتقدر عليها خرطوم البلاستيك . والشكل ١-٩ يبين التركيب البنائي لخرطوم بلاستيك (الشكل أ) وآخر لخرطوم مطاطي (الشكل ب) .

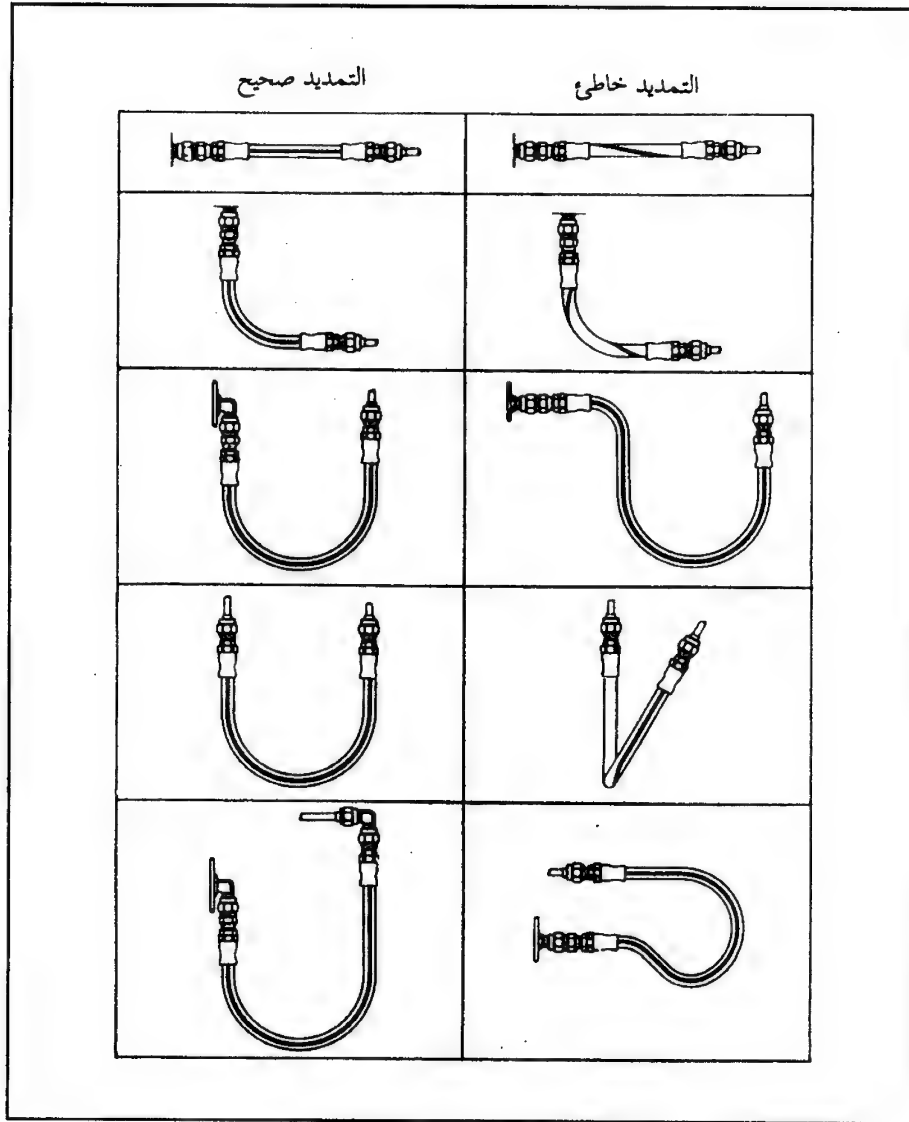


الشكل ١-٩

وتتواجد الخرطوم المرنة سواء كانت مطاط أو بلاستيك في صورتين وهما:
١ - خرطوم بمقاسات محدودة مثبت بها الوصلات اللازمة من قبل الشركة المصنعة .

٢ - خرطوم في صورة لفات طويلة حيث تقطع حسب الطلب، ويقوم فني التركيبات بتثبيت الأدوات اللازمة فيها. والشكل ١-١٠ يبين الطريقة الصحيحة

والغير صحيحة لتمديد الخراطيم المرنة تبعاً لتوصيات شركة Weatherhead .



الشكل ١ - ١٠

وكما هو واضح من الشكل السابق نجد أنه يسمح بارتخاء الخراطيم أثناء

تمديدها ، وذلك لتعويض النقص الناشئ عن مرور الهواء المضغوط بداخلها ، والذي قد يصل إلى 5% من طولها . ويراعى عند التمديد أن يكون الشكل مقبولا مع سهولة فك الوصلات ، وأن يكون نصف قطر الانحناء لا يقل عن 5 مرات من القطر الخارجى للخراطيم .

١ - ٧ أدوات التوصيل Fittings

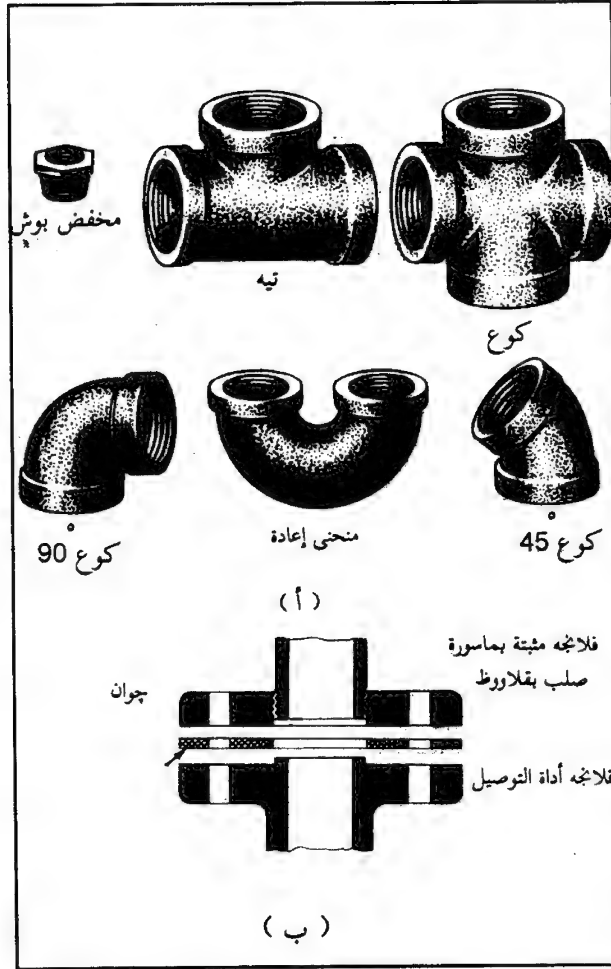
يعتمد نوع أدوات التوصيل المستخدمة على نوع الخطوط المستخدمة . وفيما يلي أهم الأدوات المستخدمة :

أولاً : أدوات التوصيل المسننة (المقلوطة) Threaded Connectors

وتستخدم هذه الأدوات مع مواسير الصلب . وفى هذه الحالة تكون أدوات التوصيل مقلوطة ، وكذلك فإن أطراف المواسير تكون مقلوطة . وعادة تستخدم شرائط إحكام رباط مع هذه الوصلات حيث توضع حول الطرف المقلوظ للماسورة . وتصنع الأدوات المقلوطة من الصلب أو سبائك النحاس . والجدير بالذكر أن أنابيب الإستنلستيل تستخدم أحيانا أدوات توصيل مقلوطة مصنوعة من الإستنلستيل .

ثانياً : أدوات التوصيل الفلانجية Flange Connectors :

تستخدم الأدوات الفلانجية ذات المسامير مع المواسير الصلب ، حيث تثبت



الشكل ١ - ١١

الفلانجة مع الماسورة

الصلب. إما باللحام أو

القلاووظ . وتتشابه

أدوات التوصيل الفلانجية

مع أدوات التوصيل

المسنة في أنواعها (كوع

- تية - جلبة - صليب -

لاكور ... إلخ) . ولكنها

تكون مزودة بفلانجات

في أطرافها . وعادة

يوضع جوان مناسب بين

كل فلانجتين عند

ربطهما معاً . والشكل

١ - ١١ يعرض وصلة

فلانجية تتكون من

فلانجة مثبتة مع ماسورة

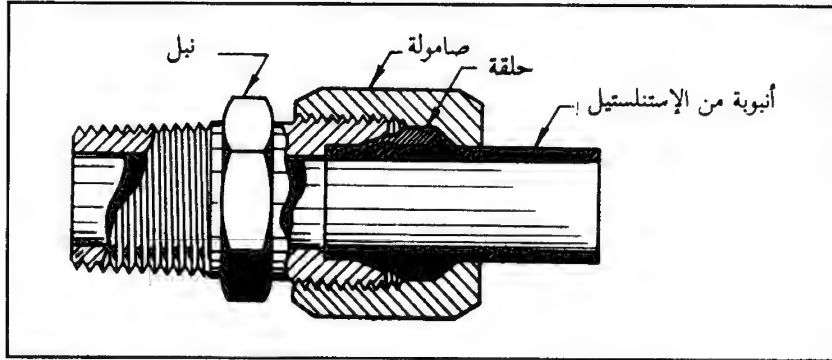
صلب بقلاووظ وفلانجة

أداة التوصيل ، ويوضع

بين فلانجة الماسورة وفلانجة أداة التوصيل جوان .

ثالثاً : أدوات التوصيل الانضغاطية : Compression Connectors

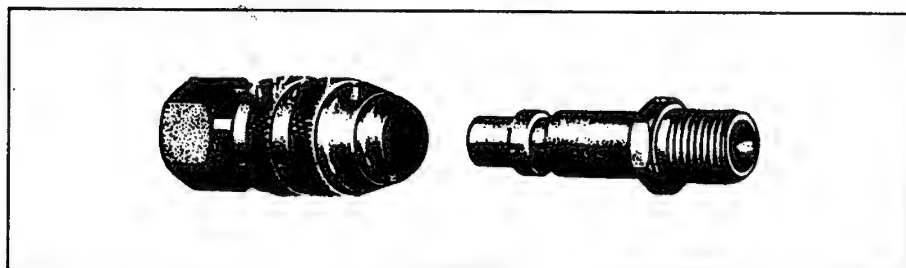
وتستخدم هذه الأدوات مع الأنابيب الشبه صلبة (نحاس - استنلس تيل) . وتتكون الوصلة الانضغاطية من نبيل وجلبة أو حلقة وصامولة . حيث توضع الأنبوبة شبه الصلبة داخل الصامولة ، ثم بعد ذلك توضع الجلبة المسلوكة داخل الصامولة وبعد ذلك يتم تجميع الصامولة مع النبيل ، فيضغط النبيل على الحافة المشطوفة للجلبة أو الحلقة فتتسلخ الحافة الثانية للجلبة لتدخل فى الفراغ المحصور بين التخويش الأسطوانى للنبيل والمحيط الخارجى للأنبوبة ، وتؤدى قوة ضغط الصامولة على شطف الجلبة إلى تثبيت الوصلة جيداً . والشكل ١ - ١٢ يعرض قطاعاً فى وصلة انضغاطية .



الشكل ١ - ١٢

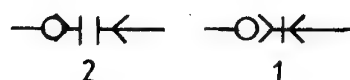
رابعاً : الوصلات السريعة : Quick disconnect Couplings

وتستخدم هذه الأدوات دائماً مع الخراطيم المرنة ، وتتميز بسرعة تجميعها وفكها بدون إحداث تسربات للهواء المضغوط . وتحتوى هذه الوصلات على صمام لارجعى يكون مفتوحاً عندما تكون الوصلة مجمعة والعكس بالعكس ، وبالتالي تمنع تسرب الهواء المضغوط إلى الخارج بعد فكها والشكل (١ - ١٣) يعرض وصلة سريعة .



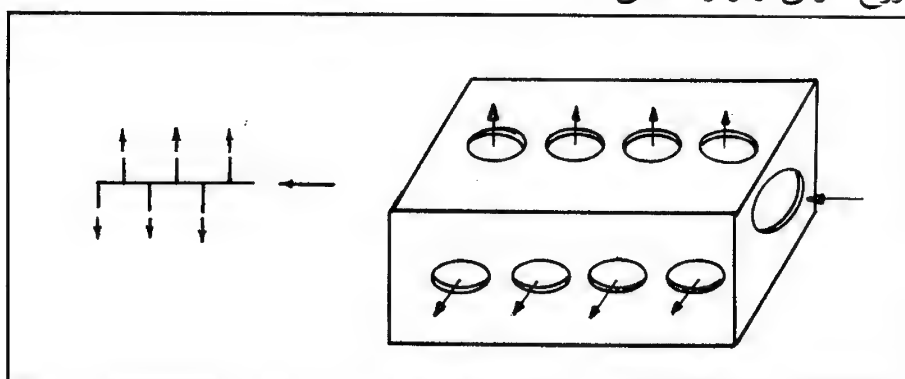
الشكل ١ - ١٣

فيما يلي رمز وصلة سريعة مجمعة (رمز ١) ومفكوكة (رمز ٢)



خامساً : الموزعات Manifolds

وهي أماكن توزيع خطوط الضغط داخل الماكينات العاملة بالهواء المضغوط، حيث توصل مع وحدات الخدمة الهوائية (الفقرة ٢ - ٩) لتوزيع الضغط على العناصر المختلفة للدائرة النيوماتيكية . والشكل ١ - ١٤ يعرض مخططاً مجسماً لموزع هوائي والرمز المكافئ له .



الشكل ١ - ١٤

الباب الثاني

عناصر التحكم النيوماتيكي

٢ - ١ الأسطوانات الهوائية : Pnumatic cylinders

تعد الأسطوانات الهوائية أهم عناصر الفعل المستخدمة للحصول على حركة فى خط مستقيم ، أو حركة ترددية ، أو حركة زاوية ، وبالرغم من وجود اختلافات كبيره فى تصميم الاسطوانات وتطبيقاتها إلا أنه يمكن تقسيم الأسطوانات إلى نوعين رئيسين وهما :

١ - الأسطوانات الأحادية الفعل : Single acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع فى اتجاه واحد وهو اتجاه الذهاب .

٢ - الأسطوانات الثنائية الفعل double acting cylinders وهى أسطوانات تعطى قوة دفع فى اتجاه الذهاب واتجاه العودة .

٢ - ٢ - ١ الأسطوانات الأحادية الفعل :

وهذه الأسطوانات قادرة على إعطاء قوة دفع فى اتجاه الذهاب فقط . وهناك نوعان من هذه الأسطوانات وهما :

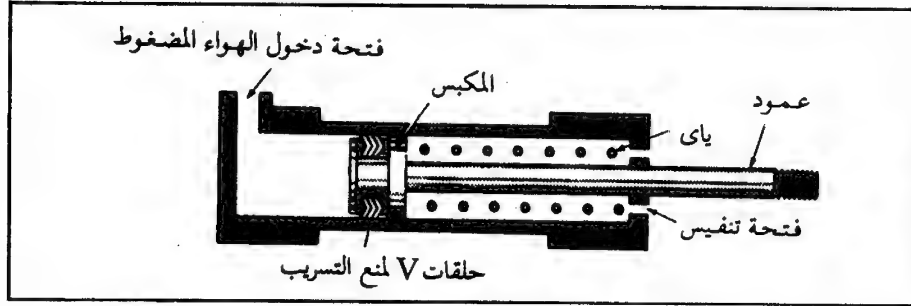
١ - أسطوانة أحادية الفعل بدون ياي رجوع .

٢ - أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع .

والشكل ٢ - ١ يعرض قطاعاً فى أسطوانة أحادية الفعل بياى رجوع ، وبصفة عامة فإنه عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة الأسطوانة

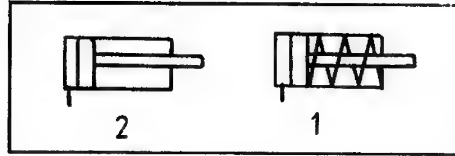
يندفع المكبس للأمام ، وعند انقطاع الهواء المضغوط عن فتحة الأسطوانة يعود المكبس للخلف بفعل الجاذبية الأرضية عند وضعها رأسياً . (فى حالة الأسطوانات أحادية الفعل بدون ياي) أو بفعل ياي الإرجاع (فى حالة الأسطوانات الأحادية الفعل ذات الياي)

ويلاحظ وجود فتحة تنفيس فى غرفة عمود المكبس لتجنب مقاومة الهواء الموجود بداخلها فى شوط الذهاب (التقدم) علماً بأنه عند انسداد هذه الفتحة تتعسر عملية التقدم لانحباس الهواء فى غرفة عمود الكبس .



الشكل ٢ - ١

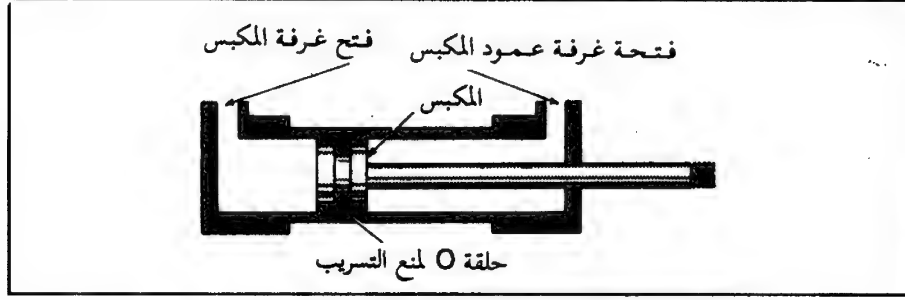
و فيما يلى رموز هذه الأسطوانات ، حيث إن الرمز 1 لأسطوانة أحادية الفعل يياي ، والرمز 2 لأسطوانة أحادية الفعل بدون ياي .



٢ - ١ - ٢ الأسطوانات ثنائية الفعل :

وهي أسطوانات تعطى قوة دفع للأحمال فى اتجاه الذهاب والعودة ، وتعد الأسطوانات الثنائية الفعل أكثر الأسطوانات انتشاراً . والشكل ٢ - ٢ يعرض

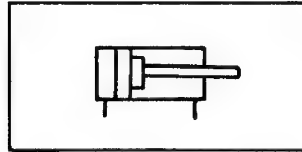
قطاعاً في أحد الأسطوانات الثنائية الفعل .



الشكل ٢ - ٢

وبلاحظ إنه عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس، تتقدم الأسطوانة للأمام، أى يتقدم مكبس الأسطوانة للأمام، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة عمود المكبس، تتراجع الأسطوانة للخلف، أى يتراجع مكبس الأسطوانة للخلف .

وتتميز هذه الأسطوانات بأن سرعة العودة أكبر من سرعة الذهاب، والعكس بالعكس بالنسبة لقوة الدفع فقوة الدفع في الذهاب أكبر من مثلتها عند العودة وفيما يلي رمز الاسطوانة ثنائية الفعل .

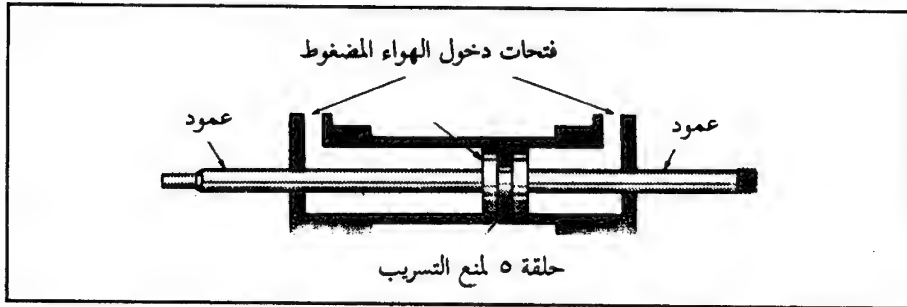


٢ - ١ - ٣ الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة Special cylinders

هناك عدة أنواع من الأسطوانات ذات التصميمات الخاصة سوف نستعرض أهمها في هذه الفقرة .

أولاً : أسطوانة بذراعى دفع على جانبيها Double rod end cylinders

الشكل ٢ - ٣ يعرض قطاعاً فى أسطوانة من هذا النوع ، وتمتاز هذه الأسطوانات بتساوى سرعة وقوة الدفع فى شوطي الذهاب والعودة لها .



الشكل ٢ - ٣

وفيما يلى رمز هذه الأسطوانة



ثانياً : الأسطوانات ذات المواضع المتعددة Multi Position cylinders

الشكل ٢ - ٤ يعرض قطاعاً فى أسطوانة بثلاثة مواضع ، حيث إن مواضع تشغيلها كالآتى :

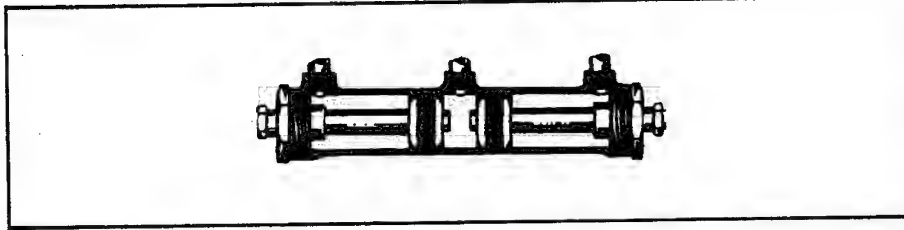
الموضع الأول : تراجع ذراعى الأسطوانة للخلف .

الموضع الثانى : تقدم أحد الذراعين للأمام .

الموضع الثالث : تقدم الذراعين للأمام .

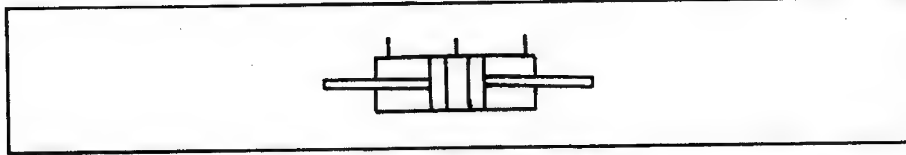
ويمكن الحصول على هذه المواضع الثلاثة : بتثبيت أحد ذراعى الأسطوانة ،

فنجصل على هذه المواضع الثلاثة من الذراع الثانى للأسطوانة .



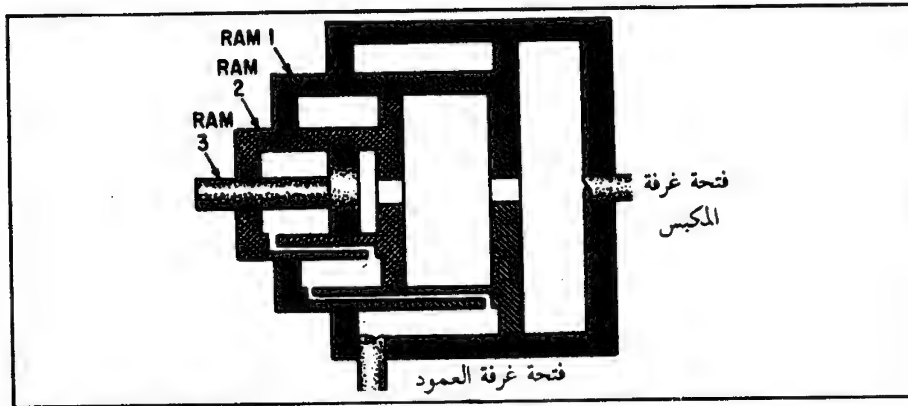
الشكل ٢ - ٤

وفيما يلي رمز الأسطوانة ذات الثلاثة مداخل وذراعي الدفع (الأسطوانة ذات الثلاثة مواضع) .



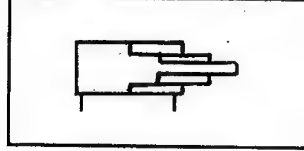
ثالثاً: الأسطوانات التلسكوبية Telescoping type cylinders

الشكل ٢ - ٥ يعرض قطاعاً في أسطوانة تلسكوبية بثلاثة مكابس متداخلة ، فعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس 1 ثم 2 ثم 3 ، أما عند السماح للهواء المضغوط بالدخول من فتحة غرفة العمود ، يتراجع المكبس 3 ثم 2 ثم 1 . وتستخدم هذه الأسطوانات للحصول على أشواط كبيرة .



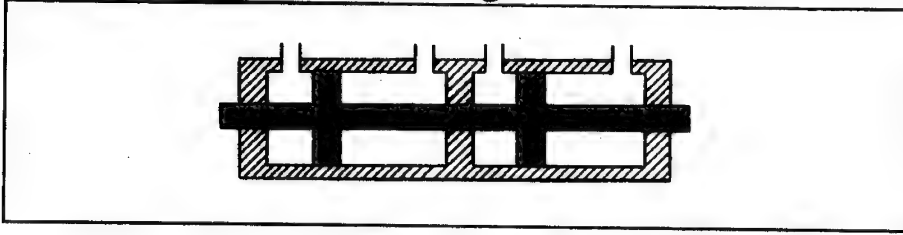
الشكل ٢ - ٥

فيما يلي رمز الأسطوانة التلسكوبية



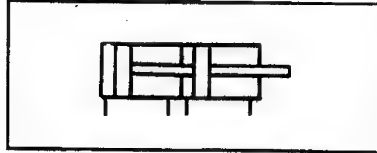
رابعاً : الأسطوانات ذات المكابس المتتالية Tandem actuating cylinders

الشكل ٢ - ٦ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات مكبسين متتاليين ، تحتوي الأسطوانة ذات المكابس المتتالية على مكبسين أو أكثر داخل الأسطوانة ، وتجزأ الأسطوانة داخلياً إلى عدد من الغرف يكافئ عدد المكابس الداخلية ، وتتميز هذه الأسطوانة بقوى دفعها الكبيرة مع أقطارها الصغيرة .



الشكل ٢ - ٦

وفيما يلي رمز أسطوانة ذات مكبسين متتاليين .



خامساً : الأسطوانات ذات الخمد Cushioned cylinders

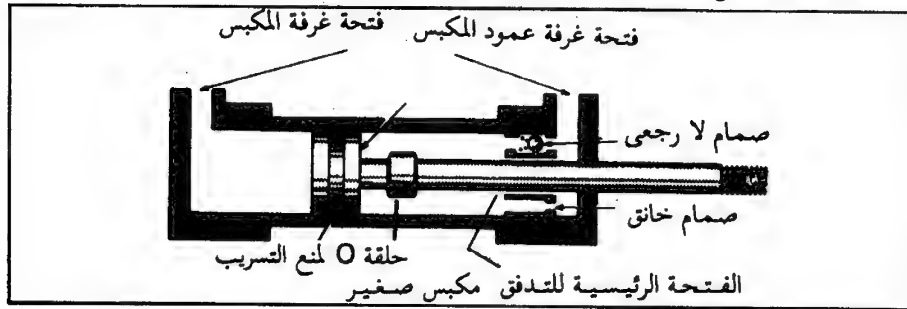
الخمد هو تقليل سرعة الأسطوانة في نهاية الشوط سواء في شوط الذهاب

أو العودة أو كليهما ، وذلك لمنع تصادم مكبس الأسطوانة مع جسمها ، وهناك عدة أنواع للخممد كالآتى :

- ١ - خممد ثابت فى اتجاه الذهاب .
- ٢ - خممد ثابت فى اتجاه العودة .
- ٣ - خممد ثابت فى اتجاهى الذهاب والعودة .
- ٤ - خممد متغير فى اتجاه الذهاب .
- ٥ - خممد متغير فى اتجاه العودة .
- ٦ - خممد متغير فى اتجاهى الذهاب والعودة .

ويعتمد نوع الخممد المطلوب على طبيعة أحمال الأسطوانة . والشكل ٢ - ٧ يعرض قطاعاً لأسطوانة ذات خممد ثابت فى اتجاه الذهاب ، ويتم ذلك باستخدام صمام لارجعى يسمح للهواء بالمرور فيه فى شوط العودة فقط ، وصمام لخنق الهواء .

وعند السماح للهواء المضغوط بالمرور فى فتحة غرفة المكبس ، يتقدم المكبس بسرعة ، وبمجرد دخول المكبس الصغير داخل مبيته ينغلق المبيت والذى يمثل الفتحة الرئيسية للتدفق فيمر الهواء المتبقى أمام المكبس من خلال الصمام الخانق ببطء فتقل سرعة المكبس فى نهاية شوط الذهاب .



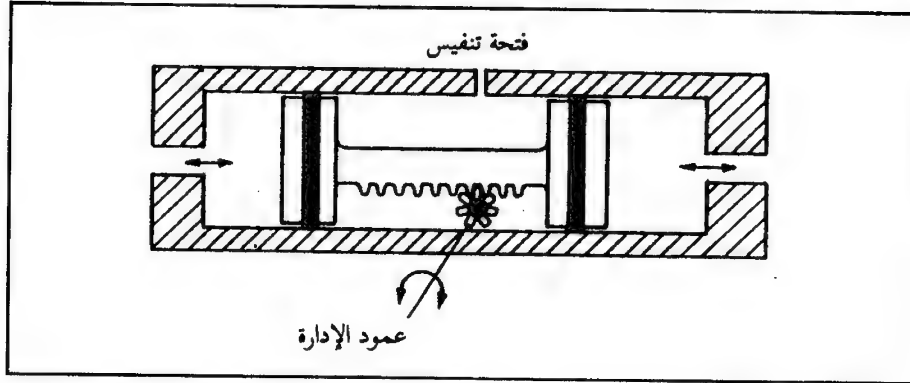
الشكل ٢ - ٧

وفيما يلي رمز أسطوانة ثنائية الفعل بخمد ثابت عند الذهاب.



سادساً : الأسطوانات الدوارة Rotary cylinders

وتصمم هذه الأسطوانات للحصول على حركة دورانية محدودة ، وتكون زاوية دوران أعمدة هذه الأسطوانات أقل من 360 ، وبالطبع هناك تصميمات مختلفة لهذه الأسطوانات وأحد هذه التصميمات موضح بالشكل ٢ - ٨ .



الشكل ٢ - ٨

حيث تتكون هذه الأسطوانة من جريدة مسننة تصل مكبسين معاً داخل غلاف الأسطوانة ، وعند السماح للهواء المضغوط بالدخول من أحد مدخلى الأسطوانة يتحرك المكبس معاً ومعهما الجريدة المسننة فيدور ترس صغير معشق مع الجريدة المسننة ، وبذلك يمكن الحصول على حركة دورانية من عمود آخر مثبت مع الترس ، ويعتمد اتجاه دوران الأسطوانة الدوارة على اتجاه التدفق وفيما يلي رمز الأسطوانة الدوارة .

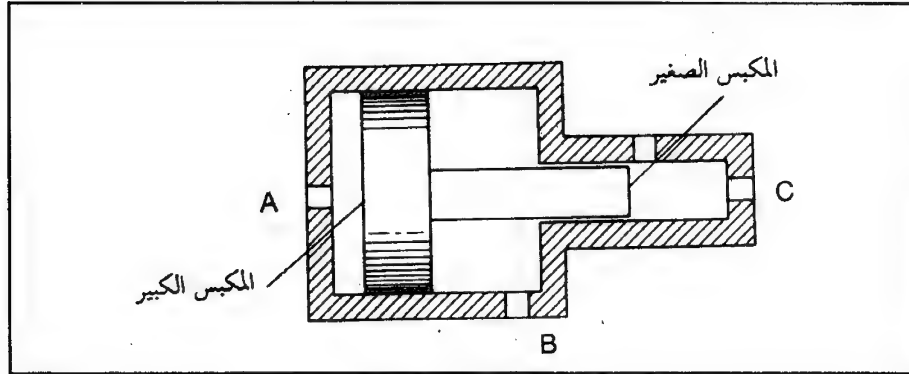


سابقاً : أسطوانات تكبير الضغط : Intensifiers

الشكل ٢ - ٩ يعرض قطاعاً في أسطوانة تكبير ضغط . فعند السماح للهواء المضغوط بالمرور من خلال فتحة غرفة المكبس الكبير يتحرك المكبس الكبير والصغير معاً للأمام ، وبذلك نحصل على ضغط كبير جداً للهواء الخارج من فتحة المكبس الصغير ويعين ضغطه من المعادلة :

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot S_1}{S_2}$$

حيث إن S_1 هي مساحة المكبس الكبير ، P_1 هو ضغط الهواء المضغوط القادم من الضاغط ، S_2 هي مساحة المكبس الصغير ، وعادة تستخدم أسطوانات تكبير الضغط في الاستخدامات التي تحتاج لضغط كبير جداً مع معدل تدفق صغير .



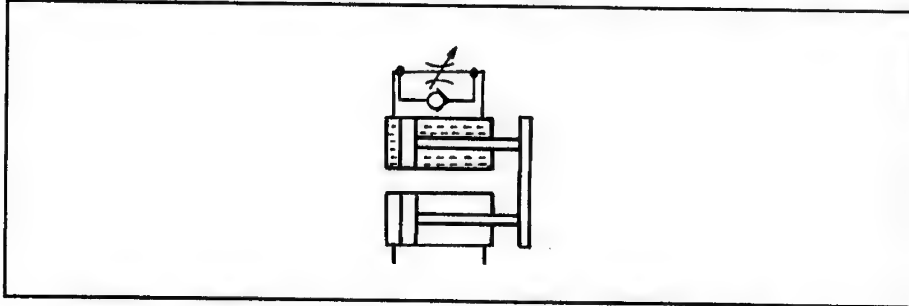
الشكل ٢ - ٩

وفيما يلي رمز أسطوانة تكبير الضغط .



ثامناً : الأسطوانات الهيدروليكية النيوماتيكية Pneumatic hydraulic cylinders

وتستخدم هذه الأسطوانات فى آلات الورش للحصول على تغذية رأسية وأفقية كما هو الحال فى الفرايز والمقاشط ... إلخ ، بسرعة منخفضة جداً عند الذهاب، وسرعة عادية عند العودة ، وهى تتكون من أسطوانتين ثنائيتى الفعل ، إحداهما هوائية ، والثانية هيدروليكية (مملوءة بالزيت) وتوصل فتحتى الأسطوانة الزيتية معاً من خلال صمام خائق لارجعى (سوف تتناوله فى الفقره ٢ - ٤ - ٣) حيث يقوم بخنق الزيت المار به فى اتجاه واحد . وفيما يلى رمز الأسطوانه الهيدروليكية النيوماتيكية تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



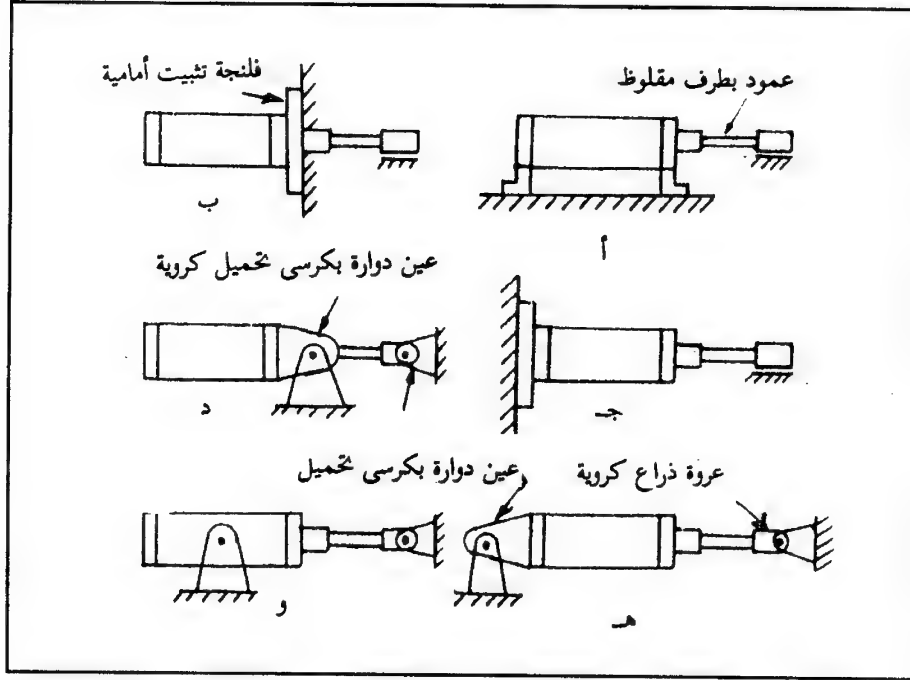
٢ - ١ - ٤ طرق تثبيت الأسطوانات الخطية :

يوجد عدة تصميمات لتثبيت الأسطوانات الخطية موضحة بالشكل ٢ - ١٠ -

وهم كالآتى :

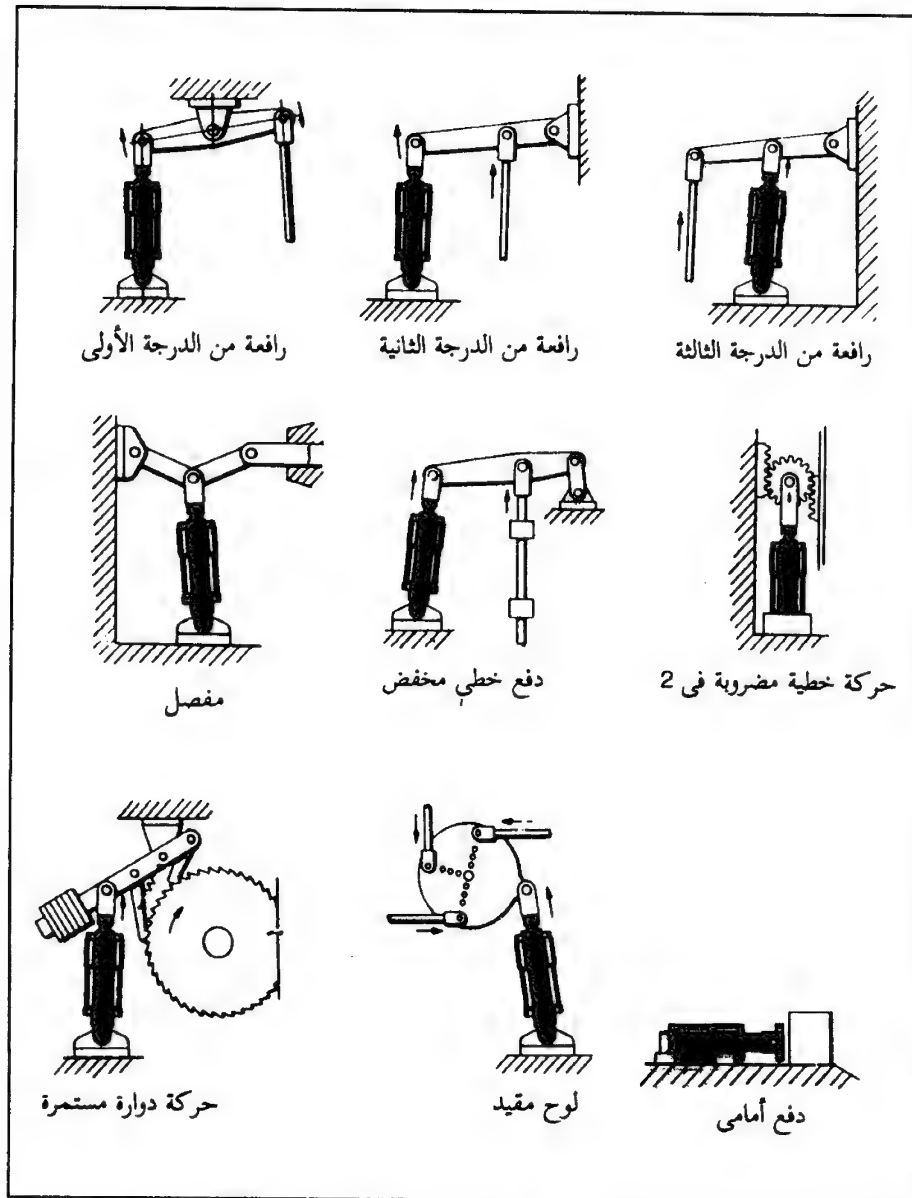
- ١ - تثبيت بر كائز أفقية (أ) .
- ٢ - تثبيت بفلا نجة أمامية (ب) .
- ٣ - تثبيت بفلا نجة خلفية (ج) .
- ٤ - تثبيت بر كيزة مفصلية أمامية (د) .
- ٥ - تثبيت بر كيزة مفصلية خلفية (هـ)

٦ - تثبيت بر كيزة مفصلية فى المنتصف (و) .



الشكل ٢ - ١٠

أما الشكل ٢ - ١١ فيستعرض بعض التطبيقات الخاصة بالأسطوانات
الخطية:



الشكل ٢ - ١١

٢ - ٢ المحركات الهوائية Air motors

يفضل استخدام المحركات الهوائية عن المحركات الكهربائية في كثير من ميادين الصناعة خصوصاً القدرات الصغيرة والتي لا تتعدى 30HP للأسباب الآتية :

- ١ - سعرها صغير نسبياً .
- ٢ - تكاليف تشغيلها منخفضة نسبياً .
- ٣ - أكثر أماناً ، خصوصاً من الأماكن الخطرة التي لا تتحمل حدوث شرر فيها .
- ٤ - لا تحتاج لحماية ضد زيادة الأحمال عليها وعزم بدئها كبير .
- ٥ - ذات أحجام وأوزان صغيرة نسبياً ويسهل صيانتها .
- ٦ - يمكن بسهولة جداً التحكم في سرعاتها بالصمامات اللارجعية الخانقة (انظر الفقرة ٢ - ٤ - ٣) .
- ٧ - تستخدم كبادئات لبعض محركات الديزل والتوربينات الغازية بدلاً من استخدام البطاريات .

وأكثر المحركات الهوائية انتشاراً هي :

١ - المحركات الهوائية الترددية Reciprocating air Motors

٢ - المحركات الهوائية الدوارة Rotary air Motors

والتي تنقسم إلى : - محركات ريشية Vane Motors

محركات ترسية Gear Motors

علماً بأن تركيب المحركات الهوائية لا يختلف عن تركيب الضواغط

فالمحركات الهوائية تغذى بالهواء المضغوط للحصول على حركة دورانية ، أما الضواغط فتدار للحصول على هواء مضغوط .

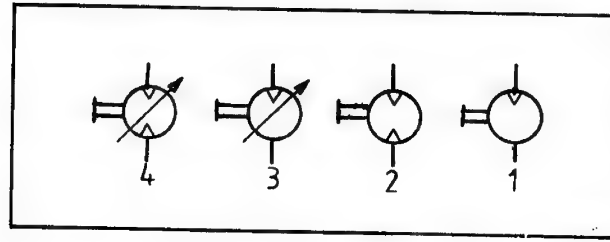
وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة من المحركات الهوائية وهي كالآتي :

محرك هوائي بسرعة ثابتة يدور في اتجاه واحد (رمز 1) .

محرك هوائي بسرعة ثابتة ويدور في اتجاهين (رمز 2) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاه واحد (رمز 3) .

محرك هوائي بسرعة متغيرة ويدور في اتجاهين (رمز 4) .



والجدول ١-٢ يعرض مقارنة بين خواص أهم أنواع المحركات الهوائية :

الجدول ١-٢

نوع المحرك	السرعة بدون حمل RPM	السرعة عند التحميل RPM	عزم البدء	القدرة
ترددى	تصل إلى 2000	600 : 1500	عالي	0.7 : 25 HP
دوار بريش	تصل إلى 20000	7 : 15000	منخفض جداً	0.1 : 20 HP
ترسى	تصل إلى 3000	1500 : 2000	منخفض	1 : 20 HP

٢-٣ الصمامات الاتجاهية Directional Valves :

تقوم الصمامات الاتجاهية بتوجيه الهواء المضغوط عند الوقت اللازم بالطريقة التي تسمح بتشغيل أو إيقاف عناصر الفعل الهوائية (أسطوانات ومحركات) ، مثل : دوران محرك هوائي جهة اليمين ، أو جهة اليسار ، وحركة أسطوانة للأمام أو الخلف وهكذا .

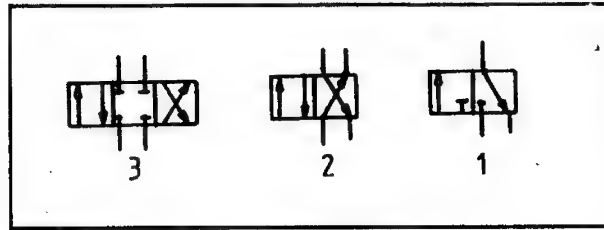
ويتم تسمية الصمام الاتجاهي تبعاً لعدد فتحاته (بدون أخذ فتحات التحكم في الاعتبار) وكذلك تبعاً لعدد مواضع التشغيل ، ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية حسب قدرة التشغيل إلى :

أ - صمامات القدرة .

ب - صمامات التحكم .

ويتشابه النوعان في نظرية عملهما ، ولكن الاختلاف فقط في طبيعة الاستخدام ، فصمامات القدرة تستخدم في التحكم في حركة الأسطوانات والمحركات . أما صمامات التحكم الاتجاهية فتستخدم لإجراء بعض الوظائف الثانوية ستتضح في التمارين الموجودة بالباب الثالث فيما بعد . وعادة يرمز لكل صمام اتجاهي بمستطيل مقسم إلى عدد من المربعات ، كل مربع يسمى وضع تشغيل ، ويوضع على المحيط الخارجي لكل وضع تشغيل (مربع) الفتحات الخاصة بالصمام ، ثم تحدد مسارات التدفق في كل وضع بمجموعة من الأسهم تدل على اتجاه التدفق وتستخدم أحرف T للإشارة على أن الفتحة مغلقة ، ولا يمر الهواء المضغوط فيها . وعادة توصل خطوط رأسية بفتحات الصمام في الوضع الابتدائي (وهو الوضع الذي يكون عليه الصمام بدون وصول إشارة تشغيل للصمام) ، وهذه الخطوط تمثل خطوط التوصيل مع

الصمام ويسمى الوضع الابتدائي في بعض الأحيان بوضع التعادل . وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات الاتجاهية .



فالرمز 1 لصمام بوضعين للتشغيل ، وثلاث فتحات ، ويسمى صمام 3/2 .

والرمز 2 لصمام بوضعين للتشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/2 .

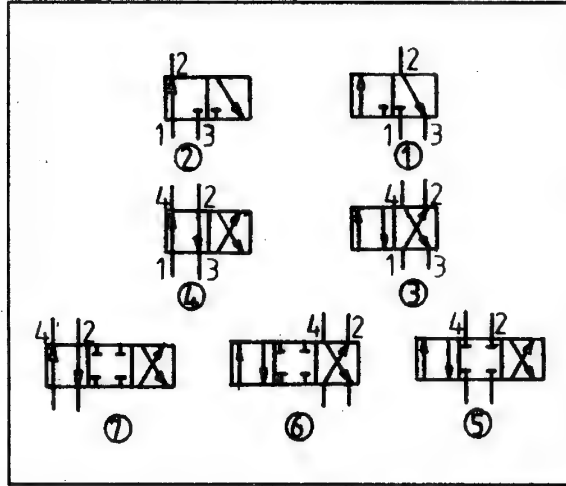
والرمز 3 لصمام بثلاثة مواضع تشغيل وأربع فتحات ، ويسمى صمام 4/3 .

وهناك طريقتان لترقيم فتحات الصمامات الاتجاهية ، إما باستخدام رموز حرفية (طريقة قديمة) ، أو باستخدام رموز عددية (طريقة حديثة) والجدول ٢-٢ يعرض الرموز المستخدمة في هذه الطرق :

الجدول (٢-٢)

وظيفة الوصلة	الترقيم الحرفي	الترقيم العددي
وصلات الأسطوانات	A.B.C. ---	2.4.6. ---
وصلة مصدر الهواء	P	1
وصلة التصريف	R.S.T. --- W	3.5.7.9. ---
وصلات التحكم	X.Y.Z	12.14.16

وفيما يلي رموز ثلاثة أنواع مختلفة من الصمامات في الوضع الطبيعي وأوضاع التشغيل مستخدماً الطريقة الحديثة في الترقيم .



أولاً : الصمام الاتجاهي 3/2 : الرمز 1 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه الفتحة 1 مغلقة والمسار 3 → 2 مفتوح .

والرمز 2 لصمام اتجاهي 3/2 يعمل على الوضع الأيسر ، وفيه الفتحة 3 مغلقة ، والمسار 2 → 1 مفتوح .

ثانياً : الصمام الاتجاهي 4/2 : الرمز 3 لصمام اتجاهي 4/2 يعمل على الوضع الأيمن ، وفيه المسارات 2 → 1 ، 3 → 4 مفتوحة والرمز 4 لصمام في وضع التشغيل الأيسر وفيه المسارات 4 → 1 ، 3 → 2 مفتوحة .

ثالثاً : الصمام الاتجاهي 4/3 : الرمز 5 لصمام اتجاهي 4/3 يعمل على الوضع المركزي (التعادل) وفيه جميع فتحات الصمام 1,2,3,4 مغلقة

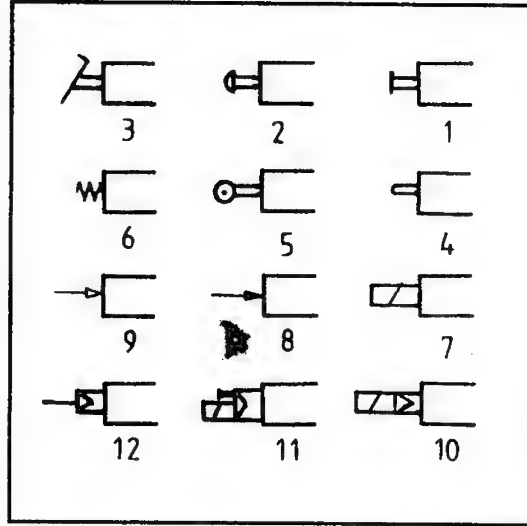
والرمز 6 لصمام في وضع التشغيل الأيمن ، ومسارات التدفق فيه 2 → 1 ، 4 → 3 .

والرمز 7 لصمام في وضع التشغيل الأيسر ومسارات التدفق فيه 3 → 2 ،

4 → 1 .

وعادة يوضع على جانبي المستطيل المعبر عن الصمام وسائل تشغيل الصمام. وفيما يلي رموز الوسائل المختلفة لتشغيل ورجوع الصمامات لأوضاعها الابتدائية تبعاً للمواصفات العالمية وهي كما يلي :

- تشغيل الصمام بذراع يدوي (الرمز 1) .
- تشغيل الصمام بضغط يدوي (الرمز 2) .
- تشغيل الصمام بيدال يعمل بالقدم (الرمز 3) .
- تشغيل الصمام بخابور ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 4) .
- تشغيل الصمام بكرة دفع ليعمل كنهاية مشوار (الرمز 5) .
- عودة الصمام للوضع الابتدائي (التعادل) بياي (الرمز 6) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي (الرمز 7) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هيدروليكية (الرمز 8) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط هوائية (الرمز 9) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم (الرمز 10) .
- تشغيل الصمام بملف كهربي سابق التحكم ووسيلة يدوية (الرمز 11) .
- تشغيل الصمام بإشارة ضغط سابقة التحكم (الرمز 12) .



وتنقسم الصمامات الاتجاهية حسب تصميمها إلى :

أ - صمامات الاتجاهية قفازة Poppet Valves

ب - صمامات الاتجاهية منزلقة Sliding Spool Valves

ج - صمامات الاتجاهية منزلقة - قفازة Piston - Poppet Valves

٢-٣-١ الصمامات الاتجاهية القفازة Poppet Valves

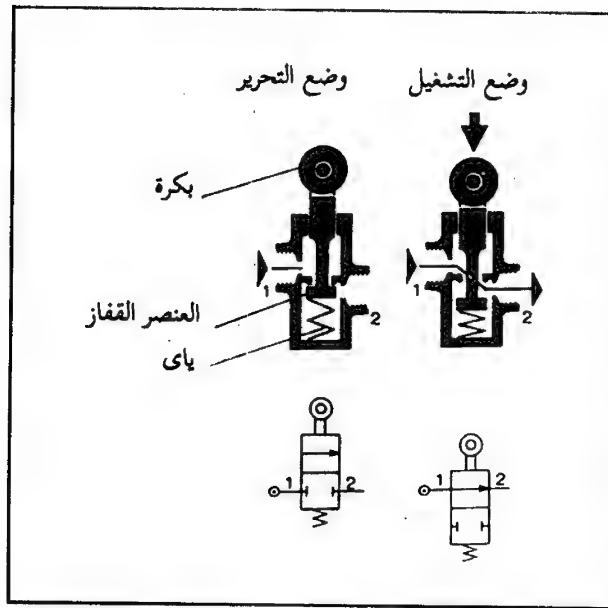
تفضل الصمامات الاتجاهية القفازة في الدوائر ذات التدفقات الكبيرة ،
وعادة فإن الصمامات القفازة تكون صمامات 2/2 أو 3/2 . ولبناء صمام قفاز 4/2
مثلاً ، يستخدم صمامان قفازان كلاً منهما 3/2 ، ويتم ذلك عند التصنيع وفيما
يلي أهم مميزات الصمامات القفازة :

- ١ - سرعة عالية للفتح والغلق .
- ٢ - عمرها طويل والتآكل فيها قليل .
- ٣ - لا يحدث فيها تسربات تؤدي لضياع القدرة النيوماتيكية .

٤ - لا تحتاج لتزييت .

لكن يعاب على الصمامات القفازة كبر حجمها وعدم تنوع تصميماتها ، ويرجع ذلك لطبيعة تصميم هذه الصمامات .

والشكل ١٢-٢ يعرض قطاعين لصمام 2/2 قفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار بيكرة ، الأول في وضع التحرير . والثاني في وضع التشغيل وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



الشكل ١٢-٢

ففي وضع التحرير أي عندما تكون بيكرة الصمام غير متعرضة لدفع خارجي ، فإن العنصر القفاز يكون مرتكزاً على فتحة مرور الهواء داخل الصمام بفعل قوة دفع الياي ، وبالتالي ينقطع مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 وفي وضع التشغيل أي عند دفع بيكرة الصمام نتيجة لمرور كاماة

متحركة مثلاً، فإن العنصر القفاز سيتحرك ضد قوة دفع الياي مبتعداً عن فتحة مرور الهواء داخل الصمام ، ويمر الهواء المضغوط من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 .

٢-٣-٢ الصمامات الاتجاهية المنزلقة Sliding Spool Valves :

إن أكثر الصمامات الاتجاهية المستخدمة هي صمامات منزلقة . ويمكن تقسيم الصمامات الاتجاهية المنزلقة إلى :

١ - النوع الخطي ويطلق عليه الصمام ذي المكبس Piston Valve .

٢ - النوع الدوار ويطلق عليه الصمام ذي القرص Disc Valve .

ويمكن القول بأن النوع الخطي هو الأكثر انتشاراً لمميزاته التالية :

١ - بساطة التصميم .

٢ - قلة التسربات .

٣ - تعدد وسائل التحكم (التشغيل) المستخدمة معها .

٤ - صغر القوى اللازمة لتشغيلها .

ويعاب على الصمامات المنزلقة بصفة عامة حدوث تسربات عند الأوضاع التي بها فتحات مغلقة وذلك نتيجة للخلوصات الموجودة بين العنصر المنزلق وجسم الصمام ، والتي تصل إلى $5:15 \mu m$ ، علماً بأنه قد عملت تصميمات بوسائل إحكام كافية لمنع التسربات يطلق عليها Packed Spool .

وفي الشكل ١٣-٢ قطاعان لصمام 5/2 بضابط وياي من النوع الخطي .

القطاع الأول في وضع التحرير (الوضع الابتدائي) (الشكل أ) .

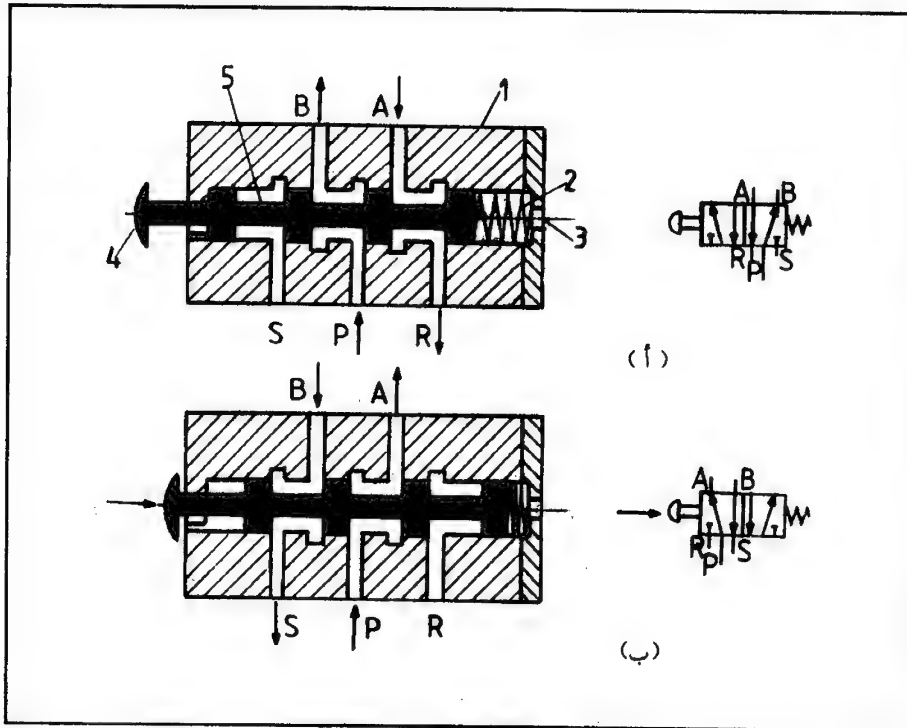
والقطاع الثاني في وضع التشغيل (الوضع الثانوي) (الشكل ب) ،

وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .

حيث إن :

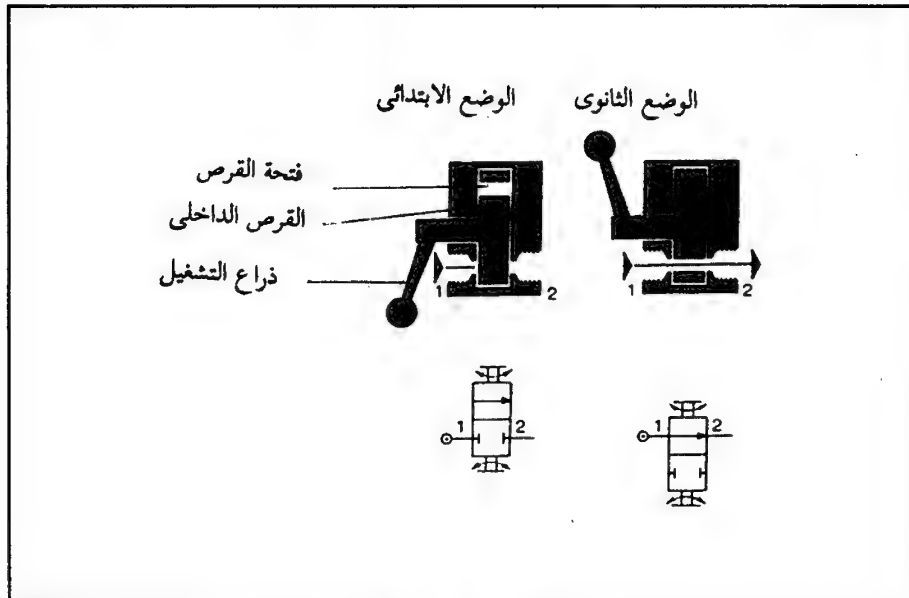
- 1 جسم الصمام
- 2 ياي إرجاع العنصر المنزلق
- 3 فتحة تنفيس
- 4 ضاغط التشغيل
- 5 العنصر المنزلق

ففي الشكل أ تكون مسارات الهواء المضغوط $P \rightarrow B, A \rightarrow R$ ، وتكون الفتحة S مغلقة وفي الشكل ب تكون مسارات الهواء المضغوط $P \rightarrow A, B \rightarrow S$ ، وتكون الفتحة R مغلقة .



الشكل ٢-١٣

أما الشكل ١٤-٢ فيعرض قطاعين لصمام من النوع الدوار .
القطاع الأول في الوضع الابتدائي . والقطاع الثاني في الوضع الثانوي ،
وفي نفس الشكل الرمز المكافئ لكل وضع تشغيل للصمام .



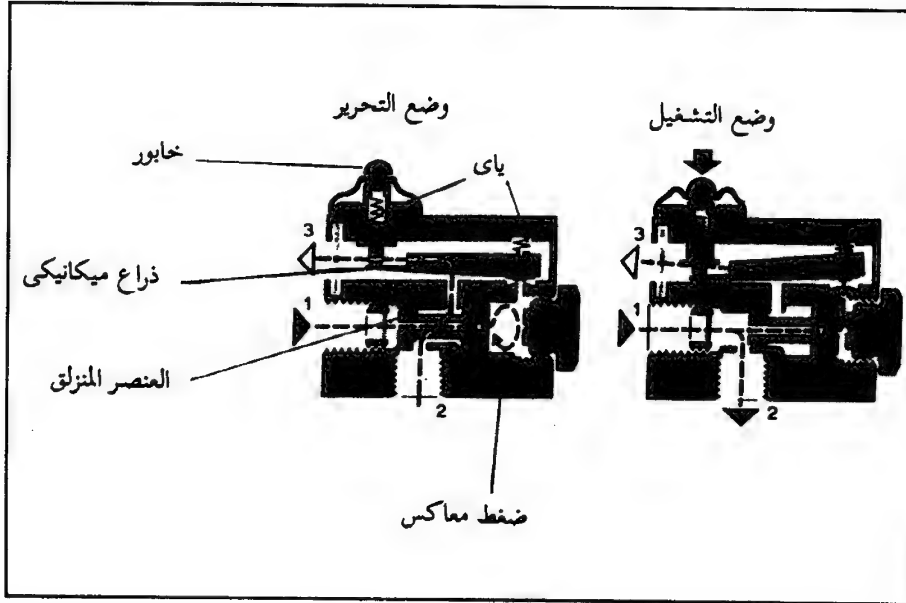
الشكل ١٤-٢

فعند إدارة ذراع تشغيل الصمام يدور القرص الداخلي للصمام فتصبح فتحة القرص في مقابلة الفتحة 1 ، والفتحة 2 ، فيتدفق الهواء المضغوط في المسار 1 → 2 وهذا يمثل الوضع الابتدائي . وعند إدارة الذراع الدوار في الاتجاه المعاكس يعود الصمام للوضع الابتدائي ، حيث يتغير وضع فتحة القرص فتبتعد عن فتحتي الصمام 2 و 1 ، فينقطع تدفق الهواء في الصمام . والجدير بالذكر إنه يمكن التحكم في تدفق الهواء المار في الصمام المنزلق ذي القرص بإدارة ذراع تشغيل الصمام ، بحيث يفتح مسار الهواء جزئياً

٢-٣-٣ الصمامات الاتجاهية المنزقة - القفازة

من المعروف أنه كلما ازداد حجم الصمام الاتجاهي المنزلق ازدادت القوة اللازمة لتحريك العنصر المنزلق للصمام ، لذلك فإن الصمامات الاتجاهية كبيرة الحجم تكون بتحكم مسبق Pilot Operated ، حيث إن الصمامات الاتجاهية سابقة التحكم تتكون داخلياً من صمامين . أحدهما صمام إشارة Pilot Valve ويكون من النوع المنزلق .

والشكل ١٥-٢ يعرض قطاعين لصمام 3/2 من النوع المنزلق القفاز يعمل كمفتاح نهاية مشوار . الأول في وضع التحرير ، والثاني في وضع التشغيل .



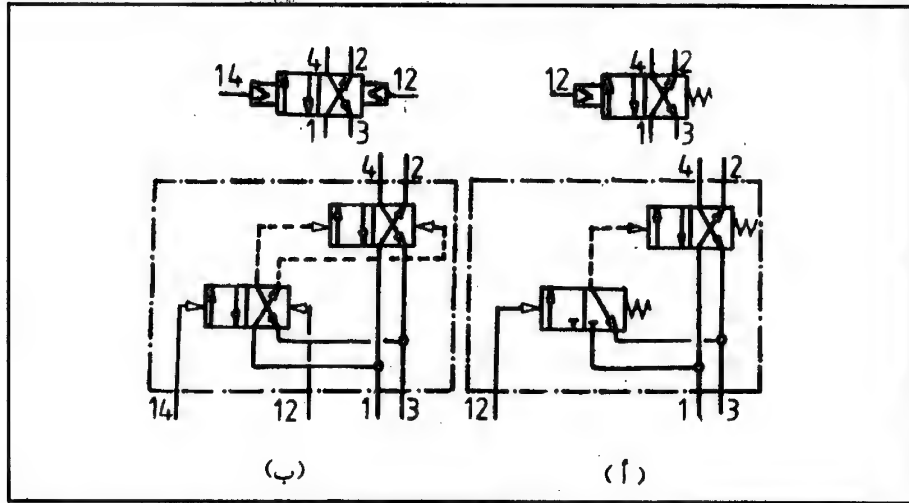
الشكل ١٥-٢

ففي وضع التحرير يكون خابور التشغيل Plunger محرر أي غير متعرض لقوة

دفع ، وبالتالي يتدفق الهواء المضغوط من الفتحة 1 خلال مسار ضيق في العنصر المنزلق ، فيتكون ضغط معاكس في الجانب الأيمن للعنصر المنزلق يعمل على ثبات العنصر المنزلق في الجانب الأيسر للصمام ، وهذا يحدث اتصال بين الفتحتين 2/3 .

وفي وضع التشغيل أي عندما يكون شاحبور التشغيل واقعاً تحت قوة دفع خارجية يفتح المسار المشكل في الذراع الميكانيكي المرتكز على الياي ، فيمر الهواء المحتجز في الجانب الأيسر للعنصر المنزلق عبر هذا المسار ، فينخفض الضغط المعاكس للعنصر المنزلق ، ويتحرك العنصر المنزلق بفعل ضغط الهواء الموجود بالفتحة A للجانب الأيمن ، ويحدث اتصال بين الفتحتين 2 و 1 .

وفيما يلي الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارة ضغط وياي (الرمز 1) ، وكذلك الرمز المختصر والمفصل لصمام 4/2 سابق التحكم بإشارتي ضغط (الرمز 2) .



وبلاحظ أنه لتمييز الصمامات سابقة التحكم يضاف لرمزها مستطيل يحتوي على مثلث مفرغ بعد وسيلة التشغيل ، سواء كانت إشارة ضغط أو ضاغط يدوي ، أو شاحبور ، أو بكرة.... إلخ .

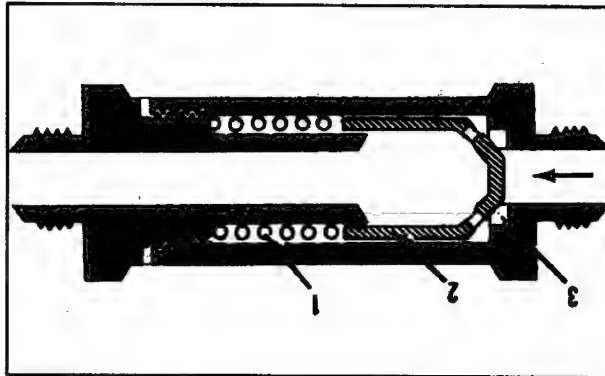
٢-٤: الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة، ومخفضات الصوت

تقوم الصمامات اللارجعية بالسماح للهواء المضغوط بالمرور في اتجاه واحد فقط ، بينما تقوم الصمامات الخانقة بالتحكم في معدل تدفق الهواء المضغوط. وتستخدم عادة للتحكم في سرعة عناصر الفعل النيوماتيكية (أسطوانات - محركات هوائية) . أما مخفضات الصوت فتقوم بخفض صوت خروج هواء العادم ، وبالتالي تقلل من الضوضاء المصاحبة لتشغيل الدوائر النيوماتيكية . وفي الفقرات القادمة سنتناول الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة . ومخفضات صوت العادم بمزيد من التفصيل .

٢-٤-١ الصمامات اللارجعية Check Valves

وتقوم هذه الصمامات بالسماح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد ، وتمنع سريانه في الاتجاه الآخر . وهناك نوعان أساسيان من هذه الصمامات وهما كالآتي :

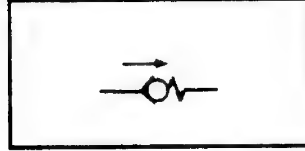
١- صمام لارجعي يباي يسمح بمرور الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط :
والشكل ١٦-٢ يعرض قطاعاً لأحد التصميمات المستخدمة لهذا النوع حيث إن



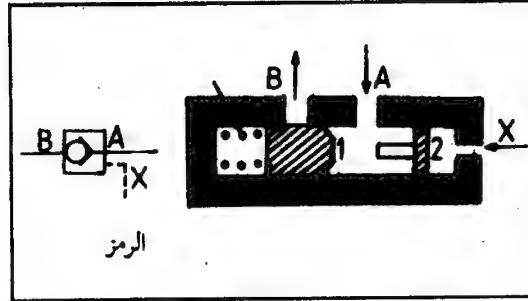
- 1 ياي الإرجاع
- 2 مخروط
- 3 قاعدة الصمام

الشكل ١٦-٢

وفيما يلي رمز الصمام اللارجعي ذي الياي



٢ - صمام لارجعي بإشارة تحكم : والشكل ١٧-٢ يعرض قطاعاً في صمام لارجعي بإشارة تحكم ورمزه . فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (A) 1 يدفع مكبس الصمام ليخرج من الفتحة 2 ، أما عند دخول الهواء المضغوط من الفتحة (B) 2 فلن يتمكن من الخروج من الفتحة (A) 1 إلا عند وصول إشارة ضغط هوائية من الفتحة (X) 12 ، حيث يندفع المكبس المساعد دافعاً معه مكبس الصمام .

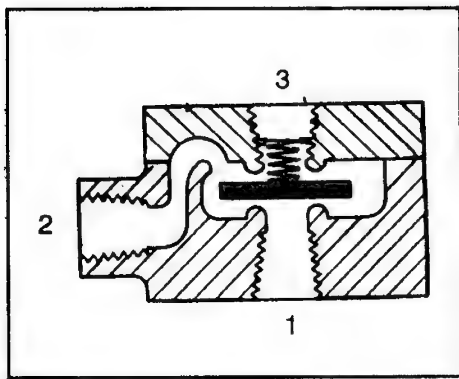


الشكل ١٧-٢

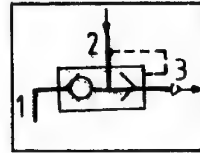
٣- صمام تصريف الهواء السريع Quick exhaust Valve :

ويقوم هذا الصمام بتقصير مسار الهواء العادم (الفائض) من الأسطوانات بالمرور فيه بدلاً من المرور في الصمامات الاتجاهية من أجل زيادة سرعة الأسطوانات ، وهو يتكون من صمامين لارجعيين ، أحدهما عادي والآخر يعمل بإشارة تحكم موصلين معاً . وفي الشكل ١٨-٢ قطاع لصمام تصريف هواء سريع .

فعند مرور الهواء المضغوط من الفتحة 1 ، يندفع قرص الصمام لأعلى ،
ليخرج الهواء المضغوط من الفتحة 2 ، ولكن عند مرور الهواء المضغوط من
الفتحة 2 ، يدفع قرص الصمام لأسفل ليخرج من الفتحة 3 .



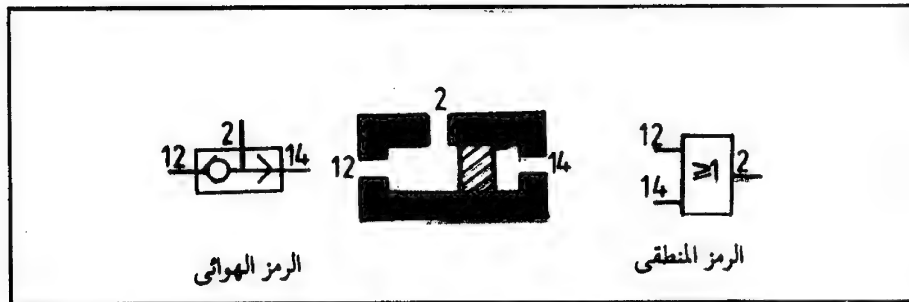
وفيما يلي رمز صمام التصريف
السريع :



الشكل ٢-١٨

٤- الصمام الترددي (بوابة أو) Shuttle Valve

ويتكون هذا الصمام من صمامين لارجعيين عاديين . والشكل ٢-١٩
يعرض قطاعاً في صمام ترددي والرمز المنطقي المكافئ ورمزه الهوائي .
فعند وصول إشارة هوائية للمدخل 12 أو المدخل 14 أو كليهما معاً ، تخرج
إشاره ضغط هوائية من المخرج 2 .

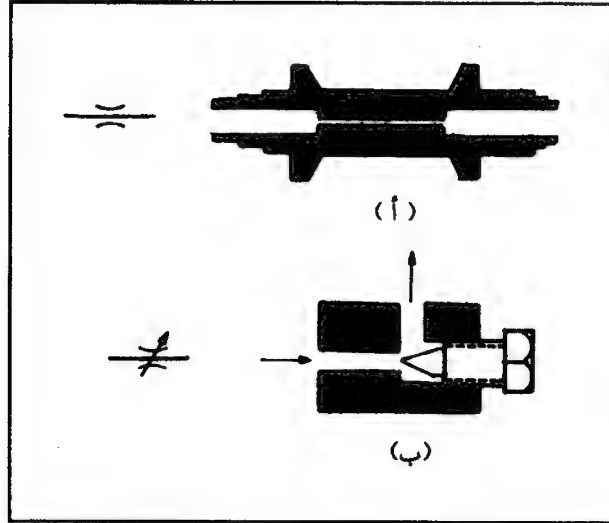


الشكل ٢-١٩

٢-٤-٢ الصمامات الخانقة Restrictor Valves

وتقوم هذه الصمامات بتقليل معدل تدفق الهواء ، وتستخدم هذه الصمامات للتحكم في سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية . وهناك نوعان أساسيان من الصمامات الخانقة موضحة بالشكل ٢-٢٠ وهما كالآتي :

- ١ - صمام بخنق ثابت ، وهو يقوم بخنق الهواء بقيمة ثابتة تعتمد على تصميمه ، ويستخدم في تقليل سرعة الأسطوانات (الشكل أ) .
- ٢ - صمام خانق بخنق قابل المعايرة بوسيلة يدوية ويستخدم أيضاً في تقليل سرعة الأسطوانات بمعدلات مختلفة تعتمد على ضبطه (الشكل ب) .



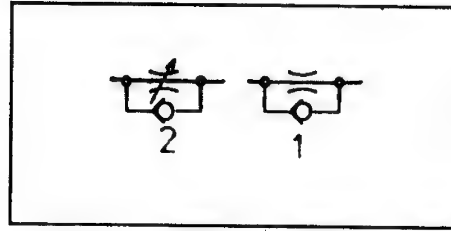
الشكل ٢-٢٠

٢-٤-٣ الصمامات الخانقة الراجعة Restrictor Check Valves

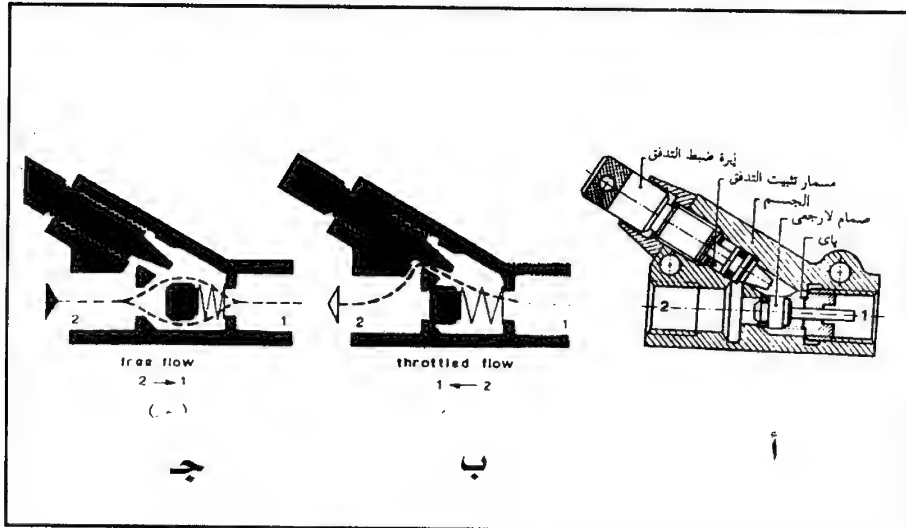
تقوم هذه الصمامات بخنق تدفق الهواء المضغوط في اتجاه واحد فقط ، وتستخدم لتقليل سرعة الأسطوانات أو المحركات الهوائية في اتجاه واحد فقط . وفيما يلي رموز هذه الصمامات الخانقة الراجعة :

الرمز 1 لصمام خائق لارجعي ثابت الخنق .

الرمز 2 لصمام خائق لارجعي قابل المعايرة .



والشكل ٢١-٢ يعرض ثلاثة قطاعات لصمام خائق لارجعي قابل المعايرة .
 فالشكل أ يعرض قطاعاً لصمام خائق لارجعي قابل المعايرة يوضح تركيبه .
 والشكل ب يعرض قطاعاً لصمام خائق لارجعي يعمل على خنق تدفق الهواء
 المار من الفتحة 1 إلى الفتحة 2 . والشكل ج يعرض قطاعاً لصمام خائق
 لارجعي يعمل على إمرار الهواء المضغوط بدون إعاقة عند المرور من الفتحة 2
 للفتحة 1 .



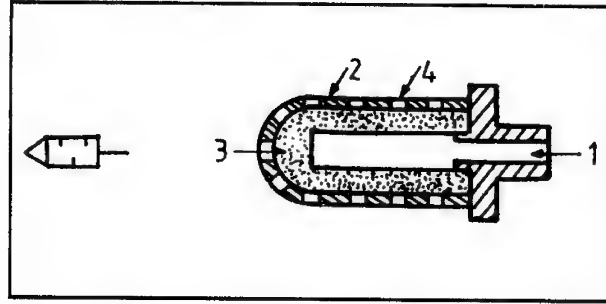
الشكل ٢١-٢

ومن ذلك يتضح لنا أن الصمام الخائق اللارجعي يعمل كما لو كان صمام لارجعي موصل بالتوازي مع صمام خائق كما هو واضح من رمزه .

٢-٤-٤ مخفضات صوت العادم Silencers

تقوم مخفضات صوت العادم بتقليل سرعة هواء العادم (والذي يخرج من الصمامات الاتجاهية من فتحات التصريف 3, 5) ، وبالتالي ينخفض صوت الضوضاء المصاحب لخروج هواء العادم .

والشكل ٢-٢٢ يعرض قطاعاً لمخفض صوت العادم ورمزه .



الشكل ٢-٢٢

وفيما يلي محتويات هذا الشكل

- 1 فتحة دخول هواء العادم
- 2 غطاء مثقب
- 3 مواد خفض الصوت
- 4 فتحات خروج هواء العادم

ويراعى عند استخدام مخفضات صوت العادم ما يلي :

- ١ - استخدام مخفضات صوت العادم ذات الحجم المناسب بحيث لا يعيق

حركة الهواء الفائض بالدرجة التي تؤثر على سرعة عنصر الفعل (أسطوانة - محرك) .

٢ - التأكد من عدم انسداد ثقب مخفض صوت العادم بالزيت والأجسام الغريبة .

٣ - استخدام مخفض صوت العادم المناسب لتقليل الضوضاء بالحد المسموح به .

٢-٥ صمامات التحكم في الضغط Pressure Control Valves

هناك أنواع متعددة من صمامات التحكم في الضغط وهي كما يلي :

١ - صمامات الأمان (تصريف الضغط) Relief Valves

وتقوم هذه الصمامات بتحديد القيمة العظمى للضغط ، وتستخدم عادة في خزانات الهواء المضغوط لمنع زيادة الضغط داخل الخزان لحدود غير آمنة .

٢ - الصمامات التتابعية Sequence Valves

وتقوم هذه الصمامات بالسماح لمرور الهواء المضغوط عند وصول قيمة ضغطه للحد المعايير عليه هذه الصمامات ، علماً بأن الصمامات التتابعية تتشابه مع صمامات تصريف الضغط في التصميم .

٣ - صمامات تنظيم الضغط Pressure Regulators

وتقوم هذه الصمامات بتقليل الضغط للحد المطلوب . ويوجد نوعان من صمامات تنظيم الضغط وهما :

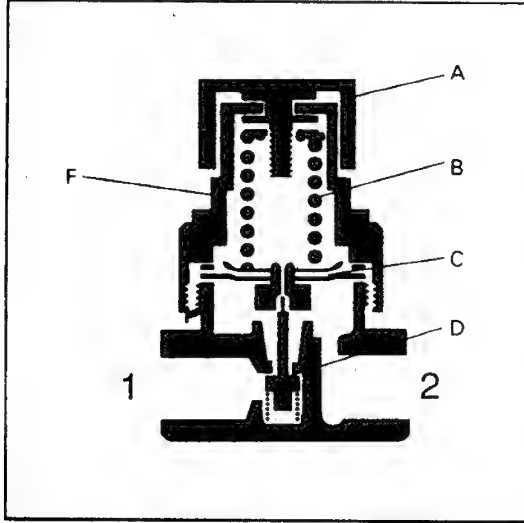
أ - صمام تنظيم الضغط بدون فتحة تصريف ، ويقوم هذا الصمام بتقليل الضغط عند الحمل (أسطوانة - أو محرك) وذلك بقطع تدفق الهواء المضغوط

عن الحمل إذا زاد الضغط عنده بقيمة أكبر من القيمة المعيار عليها الصمام .
 ب - صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف . وفكرة عمل هذا الصمام أنه
 عند زيادة الضغط عند الحمل إلى قيمة أكبر من المعيار عليها الصمام ، يقوم
 الصمام بالسماح بتصريف الضغط الزائد عند الحمل إلى الهواء الجوي ،
 وبذلك يحدث استقرار للضغط عند الحمل مهما اختلفت الأحمال .

والشكل ٢-٢٣ يعرض قطاعاً في صمام تنظيم الضغط من النوع ذي
 الغشاء Diaphragm - Controlled وبدون فتحة تصريف .

فكرة عمل صمام تنظيم الضغط ذي الغشاء :

يتم ضبط الصمام عند الضغط المطلوب بواسطة اليد A ، حيث تدار في اتجاه



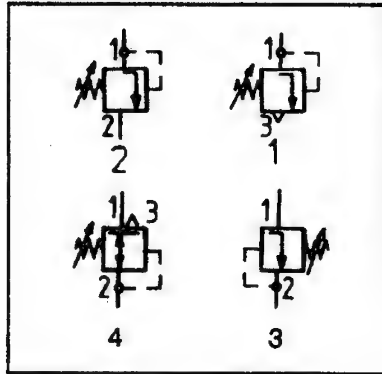
لزيادة الضغط المعيار عليه
 الصمام ، وتدار في الاتجاه
 المعاكس لتقليل الضغط . وعند
 إدارة اليد A في أحد الاتجاهين
 يتعدل وضع الياي B للوصل
 للضغط المطلوب والذي يعرف
 بواسطة عداد الضغط المرافق
 لاستخدام صمام تنظيم
 الضغط ، وفي نفس الوقت
 تنتقل قوة دفع الياي من خلال

الشكل ٢-٢٣

الغشاء المطاط C إلى الصمام D مؤدية إلى فتحة بالحد الذي يسمح بالحفاظ
 على الضغط المطلوب .

ويمر الهواء من 2 → 1 ، وعند زيادة الضغط عند المخرج نتيجة لنقصان الأحمال مثلاً تزداد القوة المؤثرة أسفل الغشاء المطاط ، فينبعج الغشاء المطاط c لأعلى دافعاً معه الياي B وصولاً لوضع اتزان جديد ، فيتغير وضع الصمام D بالوضع الذي يسمح بالمحافظة على الضغط عند الفتحة 2 عند الضغط المعايير عليه الصمام .

وفيما يلي رموز الأنواع المختلفة لصمامات التحكم في الضغط . فالرمز 1 لصمام أمان . والرمز 2 لصمام تنبائي . والرمز 3 لصمام تنظيم ضغط بدون



فتحة تصريف . والرمز 4 لصمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف . وصمام الأمان يمرر الهواء في المسار 3 → 1 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعايير عليه الصمام . والصمام التنبائي يمرر الهواء في المسار 1 → 2 فقط ، عندما يصل الضغط عند الفتحة 1 للضغط المعايير عليه الصمام . وصمام تنظيم

الضغط بدون فتحة التصريف يمرر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 في الوضع المعتاد مع تقليل الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معايرته ، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعايير عليها الصمام ، يقوم الصمام بقطع مرور الهواء المضغوط . أما صمام تنظيم الضغط بفتحة التصريف ، فيمرر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 مع خفض الضغط عند الفتحة 2 بمقدار يعتمد على معايرته ، وإذا زاد الضغط عند الفتحة 2 عن القيمة المعايير عليها الصمام ، يقوم الصمام بتصريف الضغط الزائد إلى الهواء الجوي عبر المسار 3 → 2 .

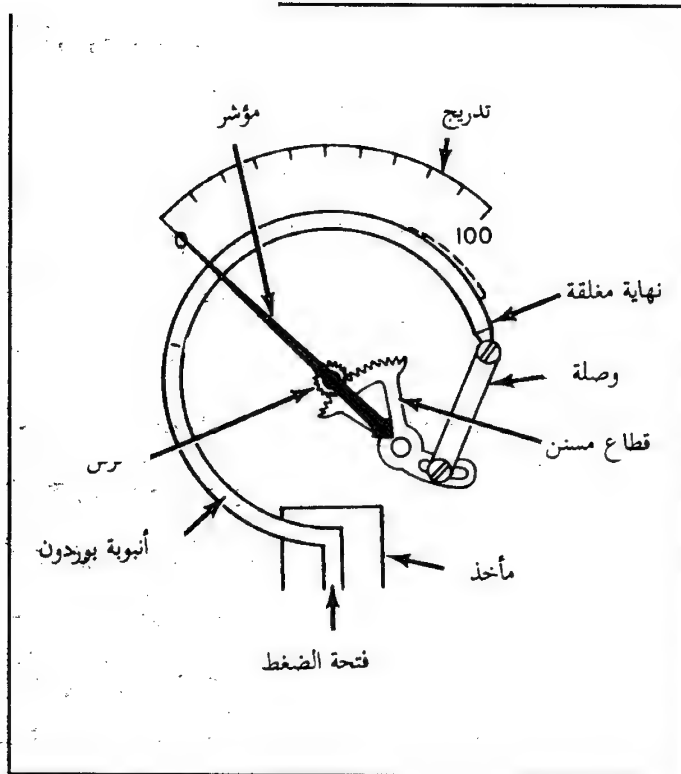
ومما سبق نستنتج أن :

- 1 مدخل الهواء المضغوط .
- 2 مخرج الهواء المضغوط للأحمال .
- 3 فتحة تصريف الهواء المضغوط للغلاف الجوى .

٢ - ٦ أجهزة قياس الضغط Pressure Gauges

فى الماضى كان جهاز قياس الضغط يسمى مانومتر . وفى الشكل ٢ - ٢٤ مخطط توضيحي لأحد أجهزة قياس الضغط المعروفة باسم أجهزة بوردون نسبة للمهندس الفرنسى Eugene Bourdon الذى اخترعها .

نظرية عمل الجهاز :



عند اندفاع الهواء المضغوط داخل الأنبوبة الزنبركية (أنبوبة بوردون) ، تتمدد الأنبوبة ويعتمد معدل تمدد الأنبوبة على مقدار ضغط الهواء وتنتقل الحركة إلى المؤشر عن طريق رافعة وقوس مسنن وترس

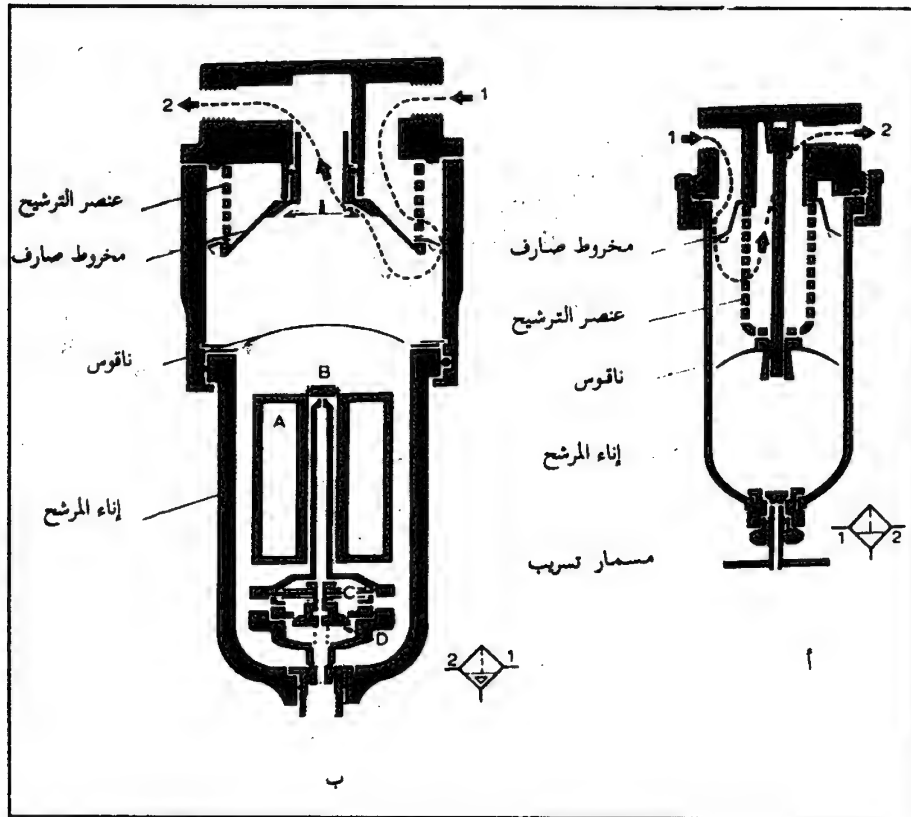
الشكل ٢ - ٢٤

صغير . ويمكن قراءة الضغط المقاس على تدريج الجهاز والذي يكون مدرجاً بوحدة (Bar) أو (Psi) .

٢ - ٧ المرشحات المزودة بفواصل ماء : Filters / Separators

في الحقيقة إن مرشح الهواء الموجود في مدخل الضاغط لا يقوم بترشيح الهواء الداخل من الأتربة العالقة به كلياً ، بل تبقى بعض الأتربة والتي يتم التخلص منها مع بقايا ذرات الماء باستخدام مرشحات الهواء المزودة بفواصل ماء . وتعد هذه الأجهزة أجهزة ميكانيكية بسيطة يبنى عملها على إدخال الهواء المضغوط داخل مسارات حلزونية لتكوين زويعه هوائية ينتج عنها تكاثف بخار الماء على الجدار الداخلي لإناء المرشح ومعه القاذورات والتي تتجمع أسفل الإناء ، ولا تستطيع قطرات الماء المتكاثفة أن تعود لمسار الهواء المضغوط في المرشح إلا بعد امتلاء إناء المرشح بالماء ، لذلك يجب التخلص من الماء المتكاثف في الإناء من حين لآخر يدوياً أو أوتوماتيكياً ، وعادة يكون مكان تصريف الماء أسفل إناء المرشح . والشكل ٢ - ٢٥ يعرض قطاعاً لمشرح بفاصل ماء يدوي ، وكذلك رمزه ، فعند دخول الهواء المضغوط من الفتحة 1 يصطدم بالخرطوم الحار ، فتتحول حركته لحركة دورانية ، ثم يمر عبر عنصر الترشيح وصولاً للفتحة 2 ، ويندفع الماء المتكاثف بفعل القوة الطاردة المركزية على الجدار الداخلي لإناء المرشح مع القاذورات العالقة بالهواء المضغوط التي لم تستطع المرور في عنصر الترشيح ، ويتم التخلص من ناتج التكثيف يدوياً بواسطة مسمار التسريب الموجود في قاع إناء المرشح ، ويعمل الناقوس الموجود داخل إناء المرشح على منع تسرب الماء المتكاثف مع الهواء المضغوط الخارج . والشكل ٢ - ٢٥ ب يعرض قطاعاً لمشرح بفواصل ماء أوتوماتيكي . والجدير بالذكر أن نظرية عمل المرشح ذو فاصل الماء الأتوماتيكي لا تختلف عن نظرية عمل المرشح ذو

فاصل الماء اليدوى سوى فى أنه عند وصول مستوى الماء المتجمع فى قاع إناء المرشح لمستوى العوامة A فإن الماء يتصرف أوتوماتيكياً ، فعند وصول مستوى الماء لمستوى العوامة A ترتفع العوامة لأعلى فيفتح الصمام B ، فيمر الهواء المضغوط عبر الصمام B ليضغط على الغشاء المطاطى C ، فيفتح الصمام D ، ويندفع الماء المتجمع للخارج ، فينخفض مستوى الماء المتجمع فى قاع الإناء ، وبالتالي ينخفض مستوى العوامة A ، فيغلق الصمام B ، وتباعاً يغلق الصمام D بفعل اليأى الخاض به ولكن غلق الصمام D يحتاج لبعض الوقت نتيجة لانحباس بعض الهواء المضغوط الذى يضغط على الغشاء C مما يتيح الفرصة للتخلص من كل الماء المتكاثف فى المرشح .

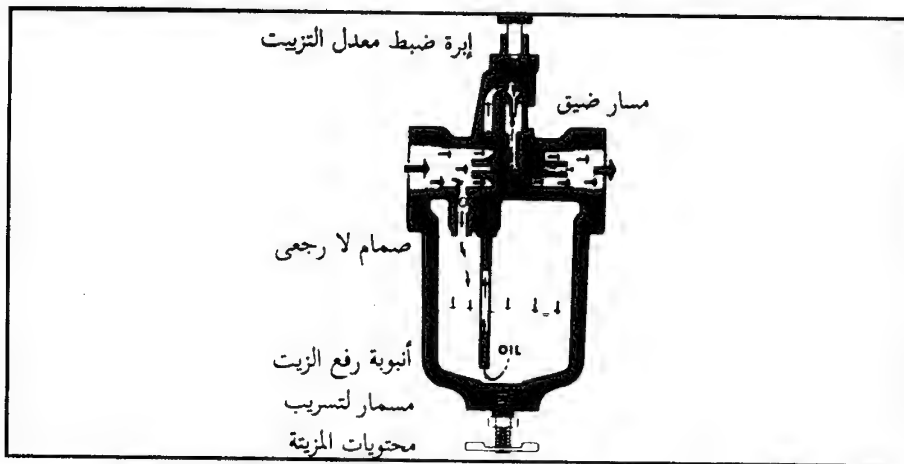


الشكل ٢ - ٢٥

٢ - ٨ المزيئات Oilers

عادة ينصح بتزيت العناصر والآلات العاملة بالهواء المضغوط بحقن الزيت داخل خطوط الهواء المضغوط بعد الترشيح والتجفيف ، ويتم ذلك باستخدام المزيئات ، وهى أجهزة ميكانيكية بسيطة يبنى عملها على زيادة سرعة تدفق الهواء المضغوط مع تساقط قطرات الزيت عليه ، فيصبح الهواء مشبعاً ببخار الزيت .

وفي الشكل ٢ - ٢٦ قطاع لأحد المزيئات المصنعة بشركة Wilkerson Co فعند مرور الزيت المضغوط داخل المزيطة ، فإن بعض الهواء المضغوط يتدفق عبر الصمام اللارجعى ليضغط على سطح الزيت الموجود فى أسفل إناء المزيطة ، فيتدفق الزيت فى أنبوبة رفع الزيت لفونية تقطير الزيت على مسار الهواء المضغوط الضيق الذى يعمل على زيادة سرعة الهواء المضغوط أثناء المرور فيه ، فيتشبع الهواء المضغوط بالزيت ليخرج من المزيطة مشبعاً بالزيت ، وتعتمد درجة تشبع الهواء المضغوط بالزيت على معايرة إبرة ضبط معدل التزيت .



الشكل ٢ - ٢٦

وفيما يلي رمز المزيتة تبعاً للمواصفات القياسية العالمية



٢- ٩ وحدة الخدمة Service Unit

تقوم وحدة الخدمة بإعداد الهواء المضغوط جافاً ونظيفاً وذلك بترشيح الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به ، وفصل الماء الموجود فيه ، وكذلك تنظيم ضغط الهواء المضغوط عند أى ظروف تشغيل حتى يناسب عمل أجهزة التحكم الهوائية ، وأخيراً تقوم بتشبيع الهواء المضغوط ببخار الزيت من أجل تزييت الأجزاء المنزلقة داخل عناصر التحكم الهوائية وعناصر الفعل الهوائية ، لحمايتها من التآكل وتتكون وحدة الخدمة من أربعة عناصر هي :

١ - مرشح هواء بفاصل ماء Filter / Separator

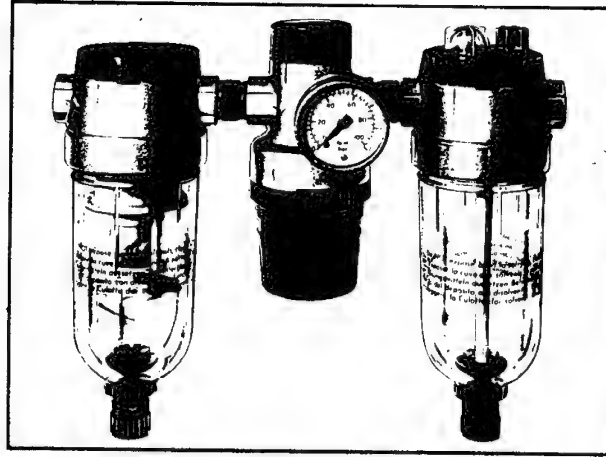
٢ - صمام تنظيم الضغط Pressure Regulator

٣ - مزيتة Oiler

٤ - عداد قياس الضغط Pressure Gauge

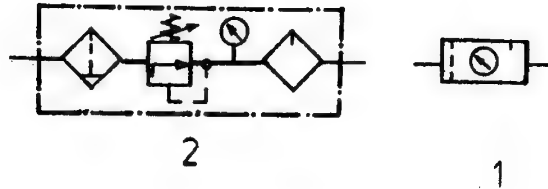
ولقد سبق أن تناولنا هذه العناصر بالتفصيل فى الفقرات السابقة والشكل ٢

- ٢٧ يعرض صورة لوحدة خدمة من صناعة « شركة » Spirax Sarco .



الشكل ٢ - ٢٧

وفيما يلي رموز وحدة الخدمة . حيث إن الرمز 1 (الرمز المبسط) ، الرمز 2 (الرمز المفصل) وذلك تبعاً للمواصفات القياسية العالمية .



٢ - ١٠ البوابات المنطقية والقلابات الهوائية

Air logic gates and flip flops

هناك ثلاثة أنواع من الصمامات التي تقوم بعمل البوابات المنطقية الهوائية

وهي :

- ١ - الصمام الاتجاهي 3/2 الذي يعمل بإشارة ضغط وياى ، وبوضع ابتدائي مغلق ويستخدم كبوابة (AND) هوائية :

٢ - الصمام الترددي (انظر الفقرة ٢ - ٤) يستخدم كبوابة (OR) هوائية .

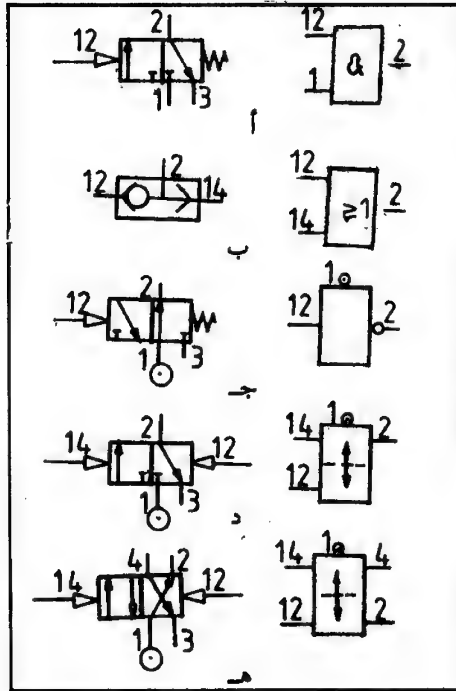
٣ - الصمام الاتجاهي 3 / 2 والذي يعمل بإشارة ضغط وياى، وبوضع ابتدائي مفتوح يستخدم كبوابة (NOT) هوائية .

٤ - الصمام الاتجاهي 3 / 2 والذي يعمل بإشارتي ضغط ، وبوضع ابتدائي مغلق يستخدم كقلاب هوائي بمخرج واحد .

٥ - الصمام الاتجاهي 4/2 والذي يعمل بإشارتي ضغط يستخدم كقلاب هوائي بمخرجين متعاكسين .

والشكل ٢ - ٢٨ يعرض الرموز العالمية لهذه الصمامات ومكافئها المنطقي .

نظرية عمل بوابة (AND) الهوائية (أ) :



عند وصول إشارة ضغط من المدخلين 1, 12 تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} \cdot P_1 = P_2$$

حيث إن P_{12} تعني 12 port أى المدخل 12 ، P_1 تعني المدخل 1، و p_2 تعني المخرج 2.

نظرية عمل بوابة (OR) الهوائية (ب) :

عند وصول إشارة ضغط من المدخل 12 أو المدخل 14 أو كليهما،

الشكل ٢ - ٢٨

تخرج إشارة من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} + P_{14} = P_2$$

نظرية عمل بوابة (NOT) الهوائية (ج) :

فى الوضع الطبيعى تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، وعند وصول إشارة ضغط للمدخل 12 ، ينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة :

$$P_{12} = \bar{P}_2$$

نظرية عمل القلاب ذات المخرج الواحد الهوائى (د) :

عند وصول إشارة ضغط للمدخل 14 حتى ولو للحظة ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 2 للقلاب ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 حتى ولو للحظة فينقطع خروج الهواء من المخرج 2 .

نظرية عمل القلاب الهوائى ذى المخرجين (هـ) :

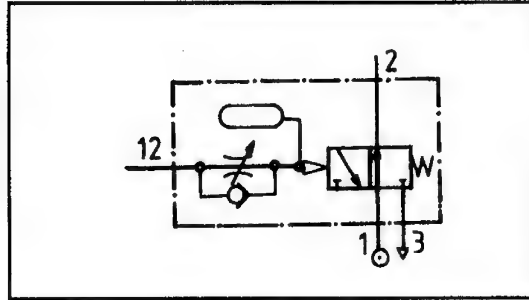
عند وصول إشارة ضغط ولو للحظة للمدخل 14 ، تخرج إشارة ضغط من المخرج 4 ، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 2 ، ويستمر الوضع هكذا إلى أن تصل إشارة ضغط للمدخل 12 ، فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2 ، وينقطع خروج إشارة الضغط من المخرج 4 .

٢ - ١١ صمامات التأخير الزمنى الهوائية Time delay valves

يوجد أنواع كثيرة من صمامات التأخير الزمنى الهوائية نذكر منها :

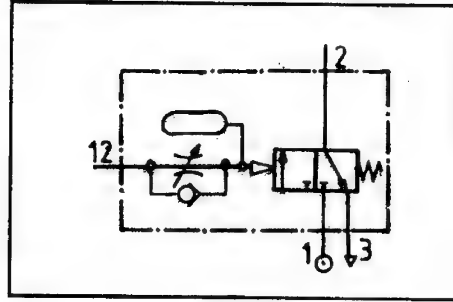
أ - صمام تأخير زمنى بوضع ابتدائى مفتوح : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط وياى إرجاع (بوضع ابتدائى مفتوح) وصمام

خائق لارجعى وخزان هواء صغير . وفيما يلي رمز هذا الصمام :



نظرية عمل الصمام : فى الوضع الابتدائى يمر هواء المصدر فى المسار 1 → 2 وعند صول إشارة الضغط لوصلة التحكم 12 ، يتدفق الهواء من خلال الصمام الخائق اللارجعى ببطء إلى الخزان ، وعند وصول الضغط داخل الخزان إلى ضغط التشغيل للصمام الاتجاهى (بعد زمن يعتمد على معايرة الصمام الخائق اللارجعى) تصل إشارة ضغط قوية إلى مدخل التحكم للصمام الاتجاهى لصمام التأخير الزمنى ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائى للوضع الثانوى ، فيتغير مسار الهواء ليخرج هواء العادم من المسار 2 → 3 ويغلق مدخل الهواء المضغوط 1.

ب - صمام التأخير الزمنى بوضع ابتدائى مغلق : ويتكون هذا المؤقت من صمام 3/2 يعمل بإشارة ضغط ويأى إرجاع (بوضع ابتدائى مغلق) ، وصمام خائق لارجعى وخزان هواء صغير وفيما يلي رمز هذا الصمام .



نظرية التشغيل :

في الوضع الطبيعي يمر هواء العادم في المسار $3 \rightarrow 2$ ، بينما تكون فتحة هواء المصدر 1 مغلقة ، وعند وصول إشارة ضغط إلى الوصلة 12 يتدفق الهواء المضغوط من خلال الصمام الخانق اللارجعي ببطء ويعتمد معدل التدفق على معايرة الصمام الخانق ، فيمتلئ الخزان بعد تأخير زمني T ، وفي هذه الحالة يكون الضغط داخل الخزان كافٍ لتغيير وضع التشغيل للصمام الاتجاهي من الوضع الابتدائي إلى الوضع الثانوي ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار $2 \rightarrow 1$ ، وتغلق وصلة العادم (الفأض) 3 .

٢-١٢ العدادات الهوائية Air Counters :

هناك نوعان أساسيان من العدادات الهوائية وهي كالآتي :

أ- عداد هوائي تصاعدي Up Air Counter :

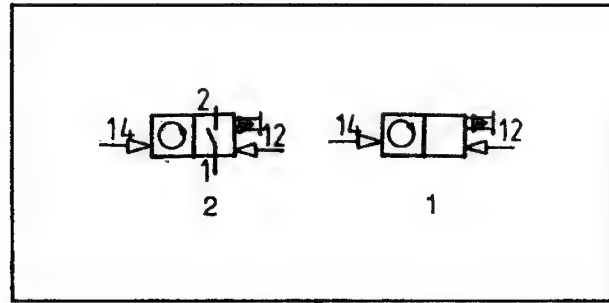
حيث يزداد العدد المعروض بالعدد الواحد كلما وصلت نبضة هواء مضغوط للمدخل 14 ، ويمكن تحرير العدد أي إعادة العدد المعروض بالعدد للصفر إما يدوياً أو أوتوماتيكياً بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 .

ب۔ عداد هوائی تنازلی Down Air Counter :

ولكى يعمل هذا العداد يجب تحميله في البداية بعدد معين بوسيلة يدوية

معدة لذلك ، وبعد التحميل يفتح مسار العداد 2 → 1 ، ويقل العدد المعروض بمقدار واحد كلما وصلت نبضة ضغط للمدخل 14 ، هكذا إلى أن يصل العدد المعروض في العداد إلى الصفر ، وفي هذه الحالة يغلق المسار 2 → 1 ، فينقطع مرور الهواء في هذا المسار .

ويمكن إعادة العدد المخزن في العداد (بالوسيلة اليدوية) أو في بداية التشغيل وذلك بوصول إشارة ضغط للمدخل 12 ، أما إذا كان المطلوب هو معايرة العداد بعدد آخر ، فتستخدم الوسيلة اليدوية مرة أخرى ، وفيما يلي رموز العدادات الهوائية (غير قياسية) حيث إن الرمز 1 لعداد تصاعدي، والرمز 2 لعداد تنازلي .



٢-١٣ الموديلات المنطقية Logic Modules :

استخدمت في الماضي صمامات اتجاهية صغيرة الحجم ، تصل أقطارها إلى 1/4 بوصة بغرض التحكم في العمليات المتعاقبة (وهي العمليات التي تكون من مجموعة من المراحل المتتالية بحيث تنتهي مرحلة وتبدأ مرحلة أخرى) . ولكن كان ذلك مكلفاً جداً ، بالإضافة إلى استهلاك كمية كبيرة من الهواء المضغوط في أنظمة التحكم العاملة بهذه الصمامات ، بل وكانت هذه الأنظمة كبيرة الحجم ، مما أعاق المهندسين عن تصميم وحدات تحكم صغيرة في

الحجم قادرة على التحكم في العمليات المتعاقبة . وشجع ذلك الشركات على محاولة الوصول لحل لهذه المشكلة ، إلى أن قامت بتصنيع صمامات اتجاهية تصل أقطارها إلى 1/16 بوصة ، ولكن هذا لم يكن الحل الأمثل . وفي بداية السبعينيات ظهرت عناصر التحكم المنطقية مثل :

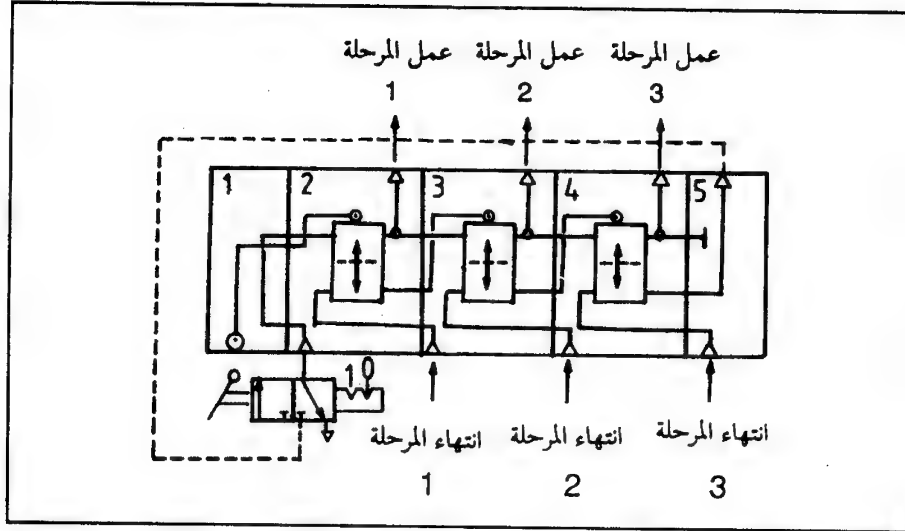
AND, OR, NOT, yes

واستخدمت هذه العناصر في التحكم التتابعي بدلاً من صمامات الإشارة الصغيرة الحجم ، ولكن كان استخدام هذه العناصر في التحكم يحتاج لمعرفة شديدة بالمنطق والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها بالإضافة إلى أن استخدامها كان يحتاج وصلات كثيرة وأدوات توصيل كثيرة .

وأخيراً تمكنت الشركات المصنعة من تصنيع الموديولات المنطقية وهي وحدات صغيرة . ويمكن تفصيل نظام التحكم الملائم للعملية الصناعية التعاقبية باختيار أنواع الموديولات المطلوبة ، وكذلك أعدادها ، بل وشجع على استخدام هذه الموديولات إمكانية استخدامها بدون الحاجة لمعرفة جيدة بالجبر المنطقي والمعادلات المنطقية وطرق تبسيطها كما كان في السابق ، وكذلك سرعة التنفيذ ، وقلة الأدوات المستخدمة . ولقد اختلفت تكنولوجيات صناعة الموديولات المنطقية من شركة لأخرى مع اتفاق الأساس العلمي لهم .

وعادة فإن هذه الموديولات تثبت على قضبان (أوميجا) تماماً مثل عناصر التحكم الكهربائية ، وتوضع هذه الموديولات داخل لوحات مغلقة .

والشكل ٢ - ٢٩ يعرض رمز وحدة تحكم تتكون من خمسة موديولات منطقية .



الشكل ٢ - ٢٩

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم الموضحة بالشكل ٢-٢٩ .

الموديول 1 موديول بداية Input End Base Module

الموديول 2,3,4 موديولات ذاكرة Memory Modules

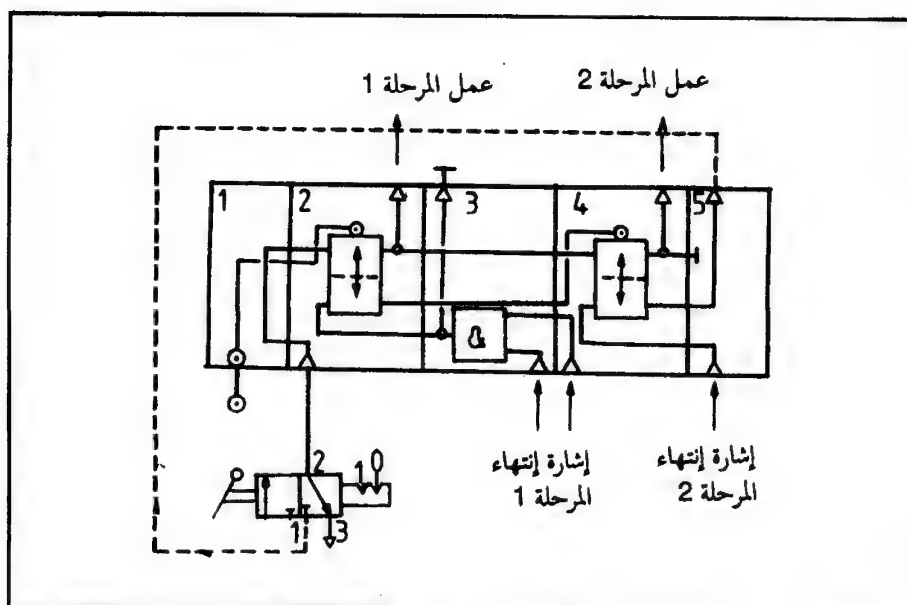
الموديول 5 موديول نهاية Output Base End Module

وعادة يوضع موديول البداية في بداية وحدة التحكم ، وموديول النهاية في نهاية وحدة التحكم ويوصل مخرج موديول النهاية مع مدخل موديول الذاكرة الأول من خلال صمام 3/2 بذراع تشغيل بوضعين 0,1 للتحكم في تشغيل وإيقاف وحدة التحكم . وتستخدم وحدة التحكم للتحكم في العمليات الصناعية ذات المراحل المتتالية . فعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة للعملية الصناعية لمدخل موديول النهاية 5 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الأولى من مخرج موديول الذاكرة 2 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الأولى للعملية الصناعية لمدخل موديول الذاكرة 3 ، تخرج إشارة عمل المرحلة الثانية من مخرج موديول

الذاكرة 4 ، وبعد انتهاء المرحلة الثانية تصل إشارة انتهاء هذه المرحلة لمدخل موديول الذاكرة 4 ، فتخرج إشارة عمل المرحلة الثالثة من مخرج موديول الذاكرة 3 ، وعند وصول إشارة انتهاء المرحلة الثالثة لمدخل موديول النهاية 5 ، تتوقف العملية الصناعية إذا كان صمام التشغيل ذي الوضعين على وضع 0 ، بينما تتكرر دورة التشغيل من جديد إذا كان الصمام مازال على وضع 1 .

والجدير بالذكر أن وحدة التحكم المكونة من مجموعة من الموديولات المنطقية يطلق عليها أحياناً متعاقب خطوي Stepper Sequencer . وهناك أنواع أخرى من الموديولات المنطقية مثل موديول (و) AND Module ، وموديول (أو) OR Module .

والشكل ٢-٣٠ يعرض رمز وحدة تحكم (متعاقب خطوي) مكونة من خمسة موديولات .



الشكل ٢-٣٠

التعريف بالموديولات المنطقية لوحدة التحكم (المتعاقب الخطوي) الموضح بالشكل السابق :

الموديول 1 موديول بداية .

الموديولات 2,4 موديولات ذاكرة .

الموديول 3 موديول و (AND) .

الموديول 5 موديول نهاية .

ويستخدم هذا المتعاقب الخطوي للتحكم في عملية صناعية مكونة من مرحلتين ، المرحلة الثانية لاتبدأ إلا بعد وصول إشارتين مختلفتين للدلالة على انتهاء المرحلة الأولى .

٢-١٤ المجسات التقاربية الهوائية Air Proximity Sensors :

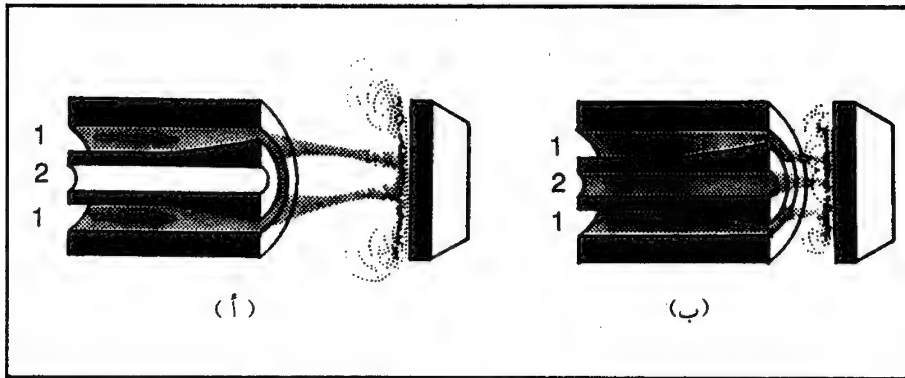
تستخدم الأجهزة التقاربية الهوائية والتي تعمل عند تقارب الأجسام في التطبيقات التي تتعامل مع المنتجات الخفيفة والتي لايمكن لها دفع بكرة صمامات نهايات المشوار الهوائية ، وكذلك عندما يكون مطلوب دقة متناهية في الإحساس بالموضع وتعمل عادة هذه الأجهزة عند ضغوط منخفضة جداً تصل إلى 0.1 Bar .

وهناك عدة أنواع من هذه الأجهزة نذكر منها ما يلي :

١ - المجسات الانعكاسية Reflex Sensors

الشكل ٢-٣١ يعرض قطاعين لمجس انعكاسي ، مرة عند اقتراب جسم غريب خارج نطاق عمل المجس (الشكل أ) ، ومرة أخرى عند اقتراب جسم غريب داخل نطاق عمل المجس (الشكل ب) .

ويمر هواء المصدر في هذه المجسات من المدخل 1 ، وعند اقتراب جسم غريب من المجس في نطاق مدى الإحساس لهذا المجس ينعكس الهواء الخارج من المجس عند اصطدامه بالجسم الغريب ليرتد مرة أخرى من الفتحة 2 .

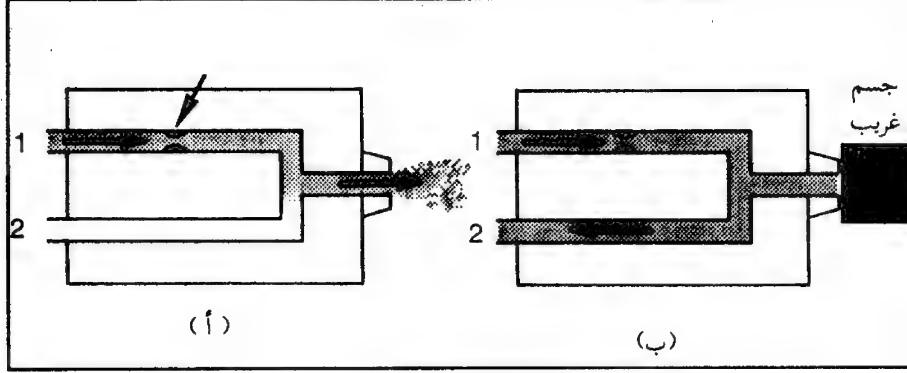


الشكل ٢-٣١

٢ - المجسات ذات الضغط الخلفي Back Pressure Nozzles :

بالشكل ٢-٣٢ قطاعان لمجس ذات ضغط خلفي مرة في الوضع الطبيعي (أ) وعند اقتراب جسم غريب (ب) . وكما هو واضح من هذا الشكل أن الهواء المضغوط الداخل للمجس من الفتحة 1 سيرتد ليخرج من الفتحة 2 بمجرد اقتراب جسم غريب .

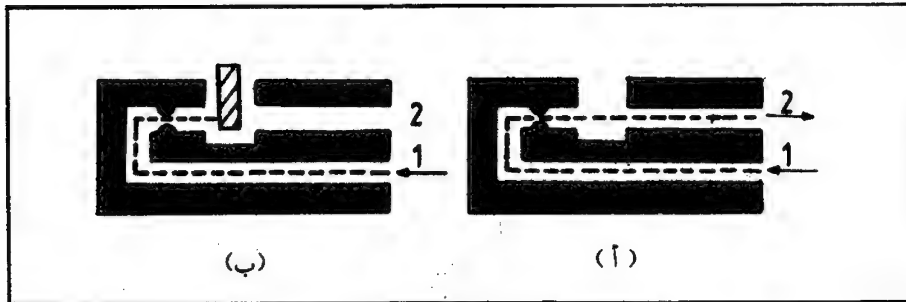
ملاحظة : المجسات ذات الضغط الخلفي تعمل عند ضغوط تتراوح ما بين (0.1 : 8 Bar) وتستخدم كنهايات مشوار للأسطوانات .



الشكل ٢ - ٣٢

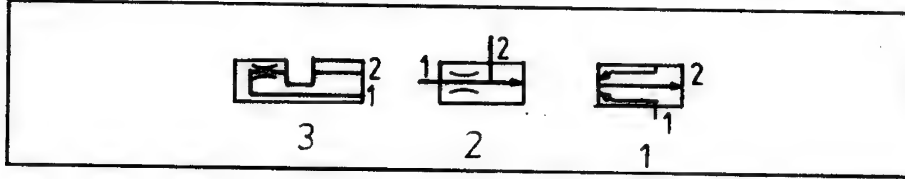
٣ - المجسات ذات الفجوة الهوائية Air gap Sensor :

الشكل ٢-٣٣ يعرض قطاعين لمجس بفجوة هوائية في الوضع الطبيعي (الشكل أ) وعند اقتراب جسم غريب (الشكل ب) ، وكما هو واضح من هذا الشكل أن الهواء المضغوط الداخل للمجس من الفتحة 1 لا يصل إلى الفتحة 2 عند مرور جسم غريب داخل الفجوة الهوائية ، علماً بأن طول الفجوة الهوائية حوالي عدة مليمترات .



الشكل ٢ - ٣٣

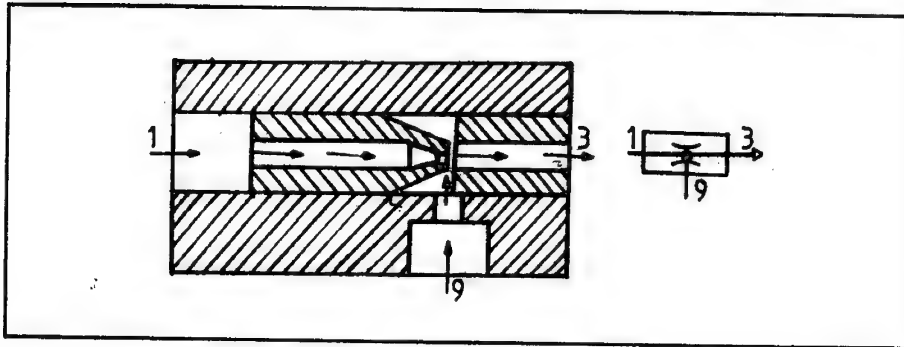
وفيما يلي رموز المجسات التقاربية الهوائية (غير قياسية) .



حيث إن الرمز 1 هو رمز مجس انعكاس ، والرمز 2 هو رمز مجس بضغط خلفي ، والرمز 3 هو رمز مجس بفجوة هوائية .

١٥-٢ التفريغ Vacuum :

إنه من الطبيعي في التحكم النيوماتيكي أن نجد العناصر التي تعمل بالهواء المضغوط جنباً إلى جنب مع عناصر التفريغ الهوائية، خصوصاً عند تداول المواد، ويمكن الحصول على تفريغ بواسطة إما مضخة التفريغ Vacuum Pump ، ولكنها مكلفة جداً ، وإما باستخدام فونية سحب التفريغ Vacuum Suction Nozzle والتي تعمل بالهواء المضغوط . والشكل ٢-٣٤ يعرض قطاعاً في فونية سحب التفريغ.



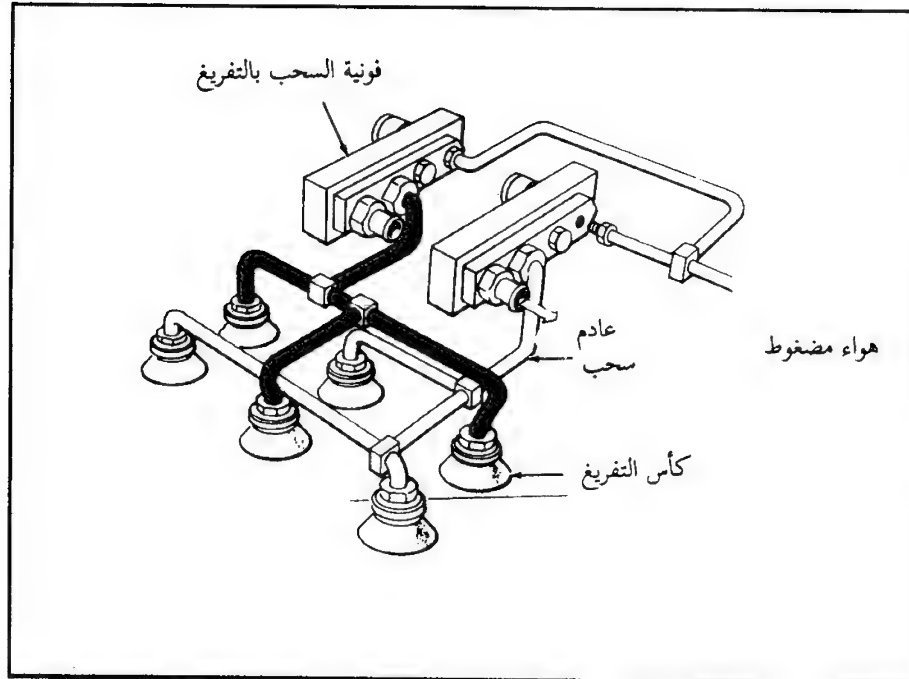
الشكل ٢ - ٣٤

نظرية العمل : عند تغذية هذه الفونية بهواء مضغوط يتراوح ضغطه ما بين

(1.5 : 10 Bar) من الفتحة 1 ، تزداد سرعة الهواء المضغوط نتيجة لتصميم مسار الهواء داخل الفونية ، ويخرج الهواء بعد ذلك من الفتحة 3 ، وينتج عن ذلك حدوث تفريغ عند الفتحة 9 ، يعتمد قيمته على ضغط الهواء المضغوط المار داخل الفونية ، ولكن بمجرد انقطاع مصدر الهواء المضغوط عن فونية السحب بالتفريغ ينقطع التفريغ في الحال .

ملاحظة : عادة توصل الفتحة 9 بكأس سحب Vacuum Cup ، حيث يستخدم هذا الكأس في تداول المواد على سبيل المثال نقل صندوق من مكان لآخر مستخدماً كأس السحب ، أو نقل لوح خشب أو صاج من مكان لآخر أيضاً باستخدام كأس السحب وهكذا .

والشكل ٢-٣٥ يعرض وحدة رفع تتكون من فونيتي سحب تفريغ ، كل فونية توصل مع ثلاثة كؤوس .



الشكل ٢ - ٣٥

٢-١٦ موانع التسريب والحشو Seals and Packings :

يمكن تقسيم موانع التسريب إلى قسمين هامين وهما :

- ١ - موانع تسريب توضع بين جسمين يتحرك أحدهما بالنسبة للآخر ، وتسمى بالحشو Packing ، أو موانع التسريب الديناميكية Dynamic Seals .
 - ٢ - موانع تسريب توضع بين جسمين ثابتين وتسمى بالجوانات Gaskets ، أو موانع التسريب الإستاتيكية Static Seals . ويوجد أنواع مختلفة من الجوانات مثل جوانات النوبرين Neoprene Gaskets ، وجوانات الفلين Cork Gasket ، وجوانات المطاط الصناعي ، والجوانات المعدنية .
- وتختار المواد المصنع منها موانع التسريب المختلفة بناء على عوامل مثل : الضغط ودرجة الحرارة ونوع المائع ونوع الحركة ، وهناك أنواع مختلفة من هذه المواد مثل : الجلد - المطاط الصناعي - المطاط الطبيعي - الفلين - الإسبستس - التيفلون - المعادن .

٢-١٦-١ الحشو Packings :

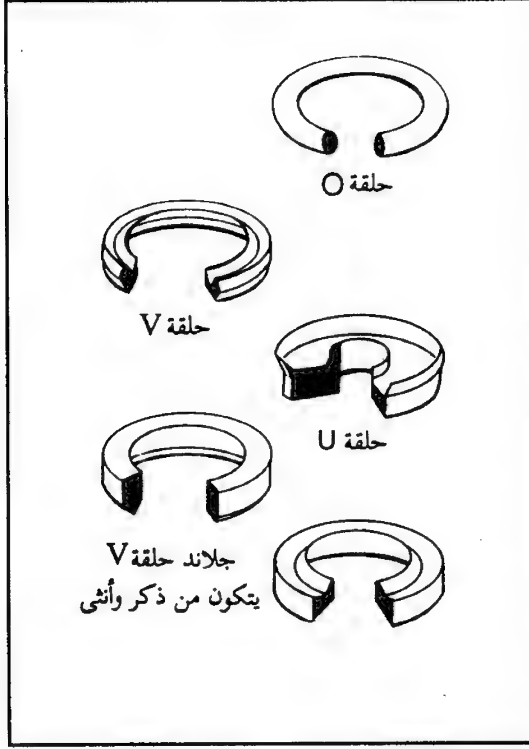
يستخدم الحشو كموانع تسريب في الأسطوانات والمحركات والصمامات ... إلخ ، ويوجد عدة أشكال مختلفة للحشو مثل حلقة O وحلقة مربعة . وحلقة V وحلقة U وحلقة H وحلقة D وحلقة C وحلقة Δ إلخ ، ولكل له استخداماته . والشكل ٢-٣٦ يعرض بعض هذه الأنواع .

وتستخدم هذه الأنواع المختلفة إما كحشو للمكابس كالمستخدمة في الأسطوانات والصمامات المنزلقة والمحركات الهوائية المكبسية والضواغط . وإما كحشو للأعمدة كالمستخدمة في أعمدة الأسطوانات والصمامات إلخ .

وحتى يتسنى لنا استيعاب ذلك سنتناول أهم أنواع الحشو بمزيد من التفصيل .

١ - حلقات O : O Rings

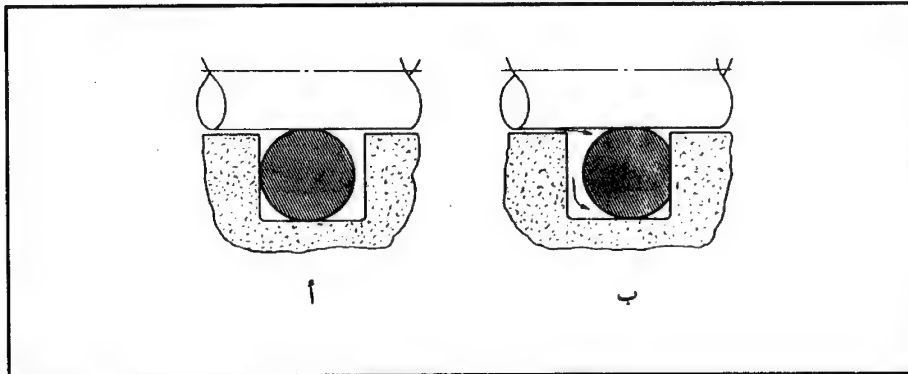
توضع هذه الحلقات في تجويفات لها مقاطع مستطيلة ، وهذه الحلقات تمنع التسريب الداخلي والخارجي . والشكل ٣٧-٢ يوضح فكرة عمل هذه الحلقات . لمنع التسريب . فالرسم أ يوضح شكل الحلقة O بدون تأثير أي ضغوط عليها .



الشكل ٢ - ٣٦

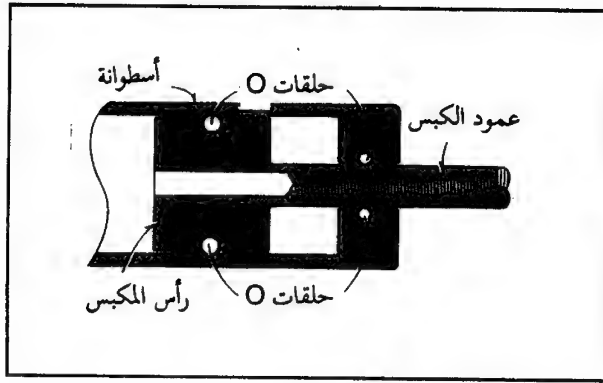
أما الرسم ب فيوضح شكل

الحلقة O عند تعرضها لضغط من الهواء المضغوط المار في الخلوص الأيسر بين العمود والجسم المثبت فيه الحلقة ، وبالتالي لن يحدث تسرب للهواء المضغوط .



الشكل ٢ - ٣٧

وتستخدم حلقات O كموانع تسريب للمكابس والأعمدة وهذا موضح بالشكل ٣٨-٢ .



الشكل ٣٨-٢

ولاستبدال حلقة O قديمة يجب استبدالها بأخرى لها نفس المواصفات من حيث المقاس ونوع المادة . وعادة فإن جميع الأسطح التي تلامس حلقة O يجب أن تكون مزيتة ، حيث إن هذه الحلقات تتآكل بسرعة إذا لم تكن تزييت بالطريقة السليمة . وهناك بعض العلامات الدالة على تلف حلقات O وهي كالآتي :

- ١ - وجود تشققات بها .
 - ٢ - وجود شروخ على السطح الداخلي أو الخارجي لها .
 - ٣ - التصاق أجسام غريبة بها .
- ويمكن بسهولة اكتشاف ذلك بواسطة مط حلقة O بأصبعين مع عدم تعدي حدود المرونة لها .
- وعادة لا تستخدم حلقات O في الاستخدامات التالية :
- ١ - العجلة العالية .

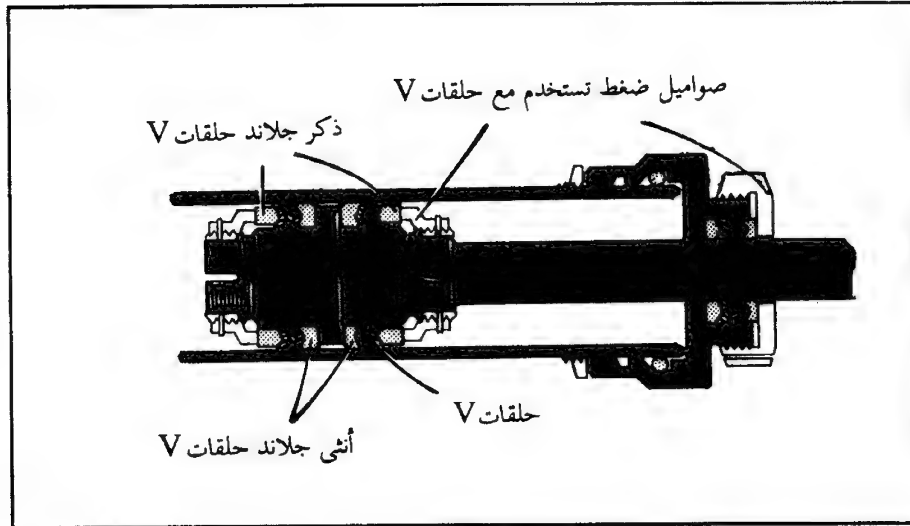
٢ - قلة الزيت .

٣ - المشاوير الطويلة .

٤ - الأحمال الكبيرة ذات القوى المستعرضة .

٢ - حلقات V : V Rings

عادة تستخدم حلقات V كموانع تسريب ديناميكية في اتجاه واحد، فإذا استخدمت كموانع تسريب لمكبس يجب استخدام مجموعتين من حلقات V ، وعادة تثبت حلقات V بحيث تقابل قمة V الضغط ، ويستخدم ذكر وأنثى ملائمين لتثبيت مجموعات حلقات V . وعادة توضع مجموعات حلقات V داخل تجويفها، ويجب التأكد من ارتكازها الصحيح ، وبعد ذلك يتم ربط صامولة الضغط . والشكل ٢-٣٩ يبين قطاعاً في أسطوانة يستخدم فيها حلقات V .

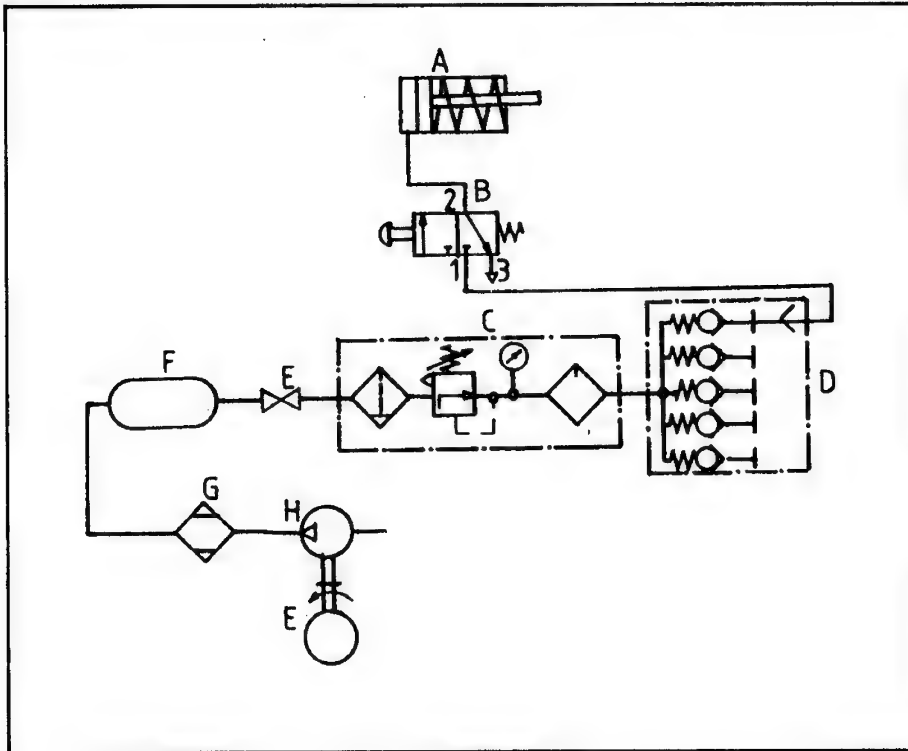


الشكل ٢-٣٩

الباب الثالث الدوائر الأساسية

١-٣ التحكم المباشر في الأسطوانات :

يستخدم التحكم المباشر في الأسطوانات صغيرة الحجم وذلك باستخدام الصمامات الاتجاهية التي تعمل بوسيلة يدوية . فالشكل ١-٣ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة أحادية الفعل .

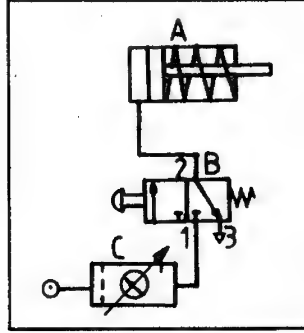


الشكل ١-٣

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة أحادية الفعل
 - B صمام 3/2 بضغوط تشغيل وياي إرجاع (صمام قدرة)
 - C وحدة الخدمة وتتكون من مزيتة وعداد ضغط ومنظم ضغط ومرشح
 - D موزع بوصلات سريعة
 - E محبس يدوي
 - F خزان الهواء المضغوط
 - G مجفف الهواء المضغوط
 - H ضاغط هوائي
 - E محرك كهربائي
- نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام يتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائي (الأيمن) إلى الوضع الثانوي (الأيسر) ، ليمر الهواء المضغوط القادم من خزان الهواء المضغوط F وبالمحبس اليدوي E ، ثم مروراً بوحدة الخدمة C ، ثم عبر الوصلة السريعة المستخدمة بالموزع D ، ثم مروراً بالمسار 2 → 1 للصمام B ، ووصولاً للأسطوانة A ، فتتقدم الأسطوانة إلى الأمام ، وبمجرد تحرير الضاغط اليدوي للصمام B يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي (الأيمن) بفعل ياي إرجاع ، فيمر الهواء المضغوط القادم من خلف الأسطوانة A عبر المسار 3 → 2 للصمام B ، فتراجع الأسطوانة للخلف بفعل ياي إرجاع الخاص بها . وعادة تبسط الدائرة الهوائية لتصبح كما بالشكل ٢-٣ . وفيما يلي محتويات الدائرة الهوائية المختصرة :



A أسطوانة أحادية الفعل

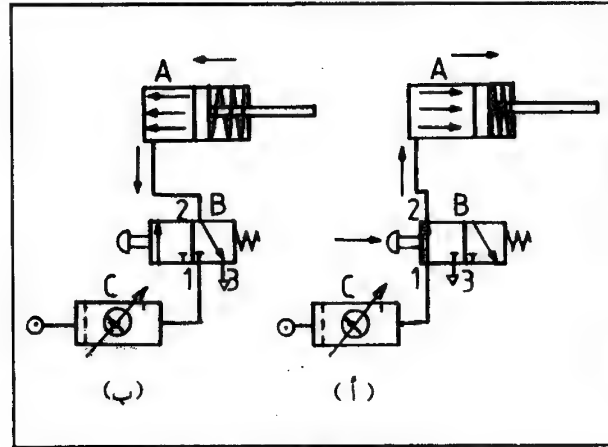
B صمام 3/2 بضغط وياي

C وحدة الخدمة (رمز مختصر)

وفي الشكل ٣-٣ حالتان مختلفتان للدائرة الهوائية المعروضة بالشكل السابق . ففي الشكل أ

الدائرة الهوائية أثناء الضغط على الضاغط اليدوي

للمصمام B . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية لحظة تحرير ضاغط الصمام B .



الشكل ٣ - ٣

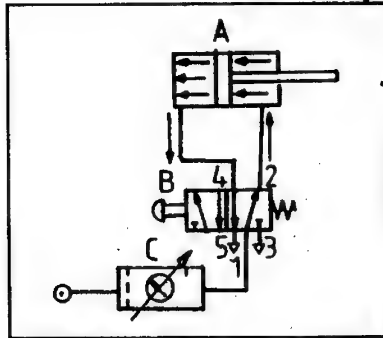
وفي الشكل ٤-٣ الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل .

محتويات الدائرة الهوائية :

A أسطوانة ثنائية الفعل

B صمام 5/2 بضغط يدوي وياي

C وحدة الخدمة

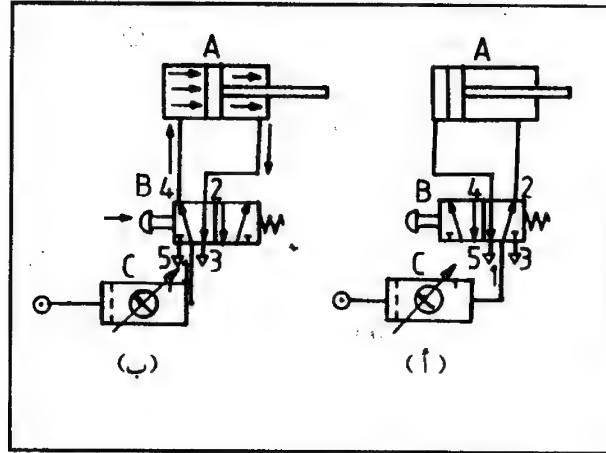


الشكل ٤ - ٣

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B ، يتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الابتدائي (الأيمن) إلى الوضع الثانوي (الأيسر) ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة C عبر المسار 4 → 1 ، فيندفع مكبس الأسطوانة A للأمام ، بينما يعود هواء العادم من فتحة غرفة عمود المكبس عبر المسار 3 → 2 ، وبمجرد إزالة الضغط عن ضاغط الصمام B ، يعود الصمام لوضعه الابتدائي (الأيمن) ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 ، ويمر هواء العادم في المسار 5 → 4 ، فتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣-٥ يعرض حالتين مختلفتين للدائرة الهوائية السابقة . ففي الشكل أ الدائرة الهوائية أثناء الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية أثناء تحرير الضغط على الضاغط اليدوي للصمام B .

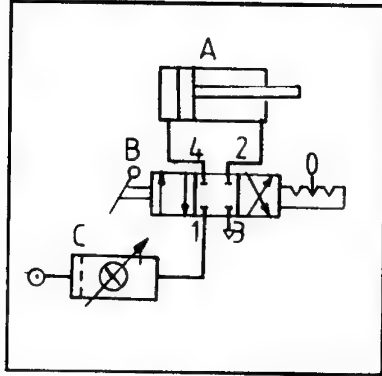


الشكل ٣ - ٥

والشكل ٣-٦ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل ،

بحيث يمكن إيقافها في نقط بينية في مشوار الذهاب أو العودة .

محتويات الدائرة الهوائية :



A أسطوانة ثنائية الفعل

B صمام 4/3 بذراع تشغيل

C وحدة الخدمة

في الشكل ٧-٣ حالتان مختلفتان

لتشغيل الدائرة الهوائية السابقة . ففي الشكل

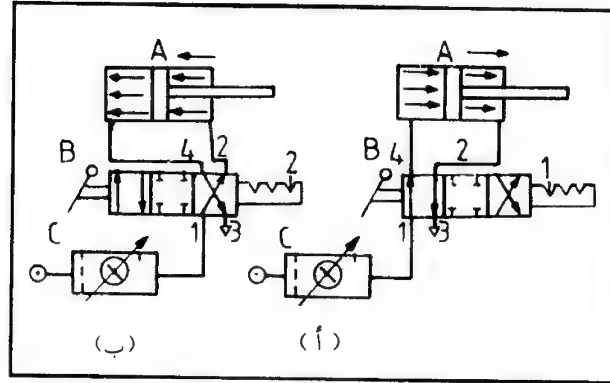
أ الدائرة الهوائية أثناء وضع ذراع التشغيل

على الوضع 1 . وفي الشكل ب الدائرة الهوائية أثناء وضع ذراع التشغيل على

الوضع 2 .

علماً بأنه بمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام على وضع 0 ، تتوقف

الأسطوانة عند آخر نقطة وصلت إليها .



الشكل ٧-٣

نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للصمام B على وضع 1 ، يتغير وضع الصمام من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل (الأيسر) ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة عبر المسار 4 → 1 ، ويعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 3 → 2 ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام (الشكل أ) . وبمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام B للوضع 0 ، يعود الصمام من وضع التشغيل الأيسر إلى الوضع المركزي ، فتتوقف الأسطوانة في الحال في آخر وضع لها . وعند وضع ذراع تشغيل الصمام B على وضع 2 ، يتغير وضع الصمام B من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 ، ويمر هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 3 → 4 ، فتراجع الأسطوانة A للخلف (الشكل ب) . وبمجرد إعادة ذراع تشغيل الصمام B إلى وضع 0 ، يعود الصمام لوضع التشغيل المركزي له ، فتتوقف الأسطوانة في الحال في آخر وضع لها وهكذا .

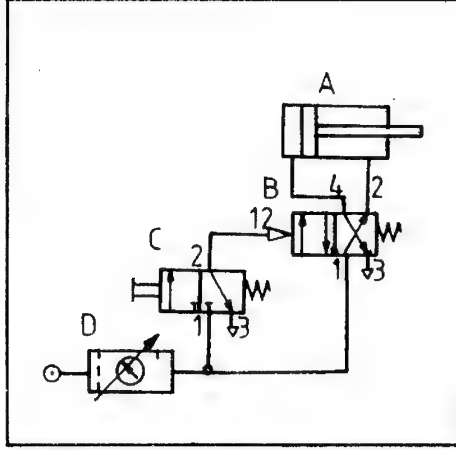
٣-٢ التحكم الغير مباشر في الأسطوانات

ويستخدم التحكم الغير مباشر في الأسطوانات ذات الحجم الكبير حيث يوضع صمام القدرة بجوار الأسطوانة مباشرة ، بينما يتم التحكم في صمام القدرة من بعد بواسطة صمام إشارة صغير وبذلك نقلل من طول خطوط الهواء الكبيرة الحجم .

والشكل ٣-٨ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل من بعد بواسطة صمام إشارة بذراع تشغيل .

محتويات الدائرة الهوائية :

A أسطوانة ثنائية الفعل



الشكل ٣-٨

صمام قدرة 4/2 يعمل بإشارة

ضغط B

صمام إشارة 3/2 يعمل بذراع

C تشغيل وياي إرجاع

D وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :

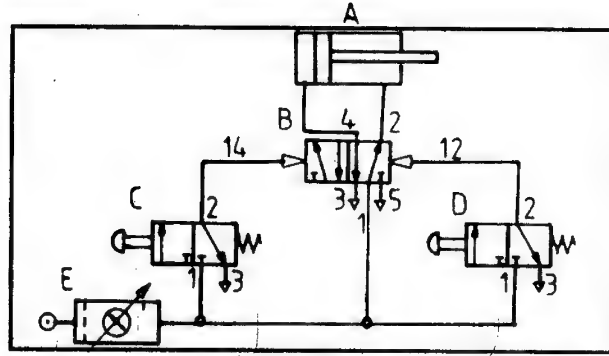
عند التشغيل اليدوي للصمام C ،

يتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع

الابتدائي الأيمن إلى وضع التشغيل الأيسر، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة D ، عبر المسار 2 → 1 للصمام C ، ووصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الابتدائي الأيمن إلى وضع التشغيل الأيسر فيمر هواء المصدر عبر المسار 4 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 2 ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية شوط الذهاب ، وعند إعادة صمام الإشارة C لوضعه الابتدائي يعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن فينقطع وصول إشارة الضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B ، وتباعداً يعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 4 ، فتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣-٩ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل من

بعد ، بواسطة صمامي إشارة يعملان بضغوط تشغيل وياي إرجاع .



الشكل ٣ - ٩

محتويات الدائرة الهوائية :

- A . أسطوانة ثنائية الفعل .
- B . صمام قدرة 5/2 يعمل بإشارتي ضغط .
- C,D . صمام إشارة بضغط وياى .
- E . وحدة الخدمة .

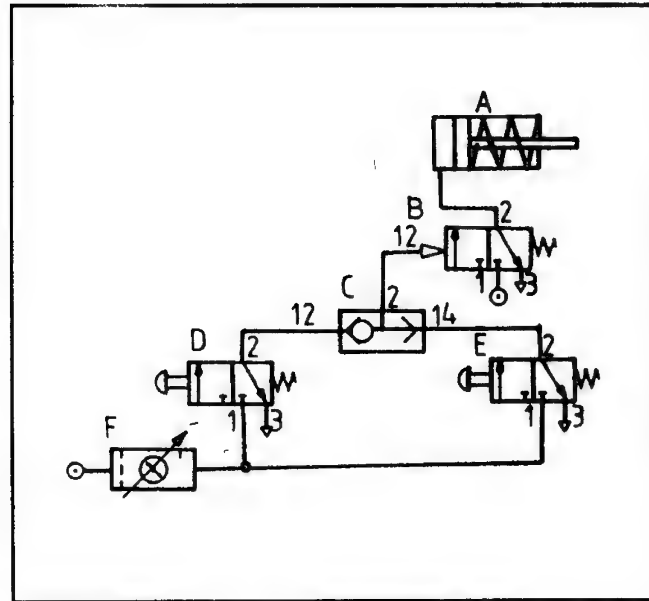
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة C ، يمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة E عبر المسار 2 → 1 لهذا الصمام ليصل إلى مدخل الإشارة 14 للصمام B فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الأيمن إلى الوضع الأيسر فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 4 → 1 ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 2 فتتقدم الأسطوانة للأمام . وعند إزالة الضغط عن ضاغط صمام الإشارة C لا يحدث تغير فى وضع الصمام B . والسبب فى ذلك يرجع إلى أن الصمام B يعمل كقلاب أى يحافظ على آخر وضع له . ولكن عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة D يمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، لهذا الصمام وصولاً

لمدخل الإشارة 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن ليمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 5 → 4 ، فتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لنهاية شوط العودة وهكذا .

٣ - ٣ التحكم في الأسطوانات من مكانين مختلفين :

أحياناً يلزم الأمر تشغيل الأسطوانات من مكانين مختلفين . فالشكل ٣-١٠ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة أحادية الفعل من مكانين مختلفين في شوط الذهاب .



الشكل ٣ - ١٠

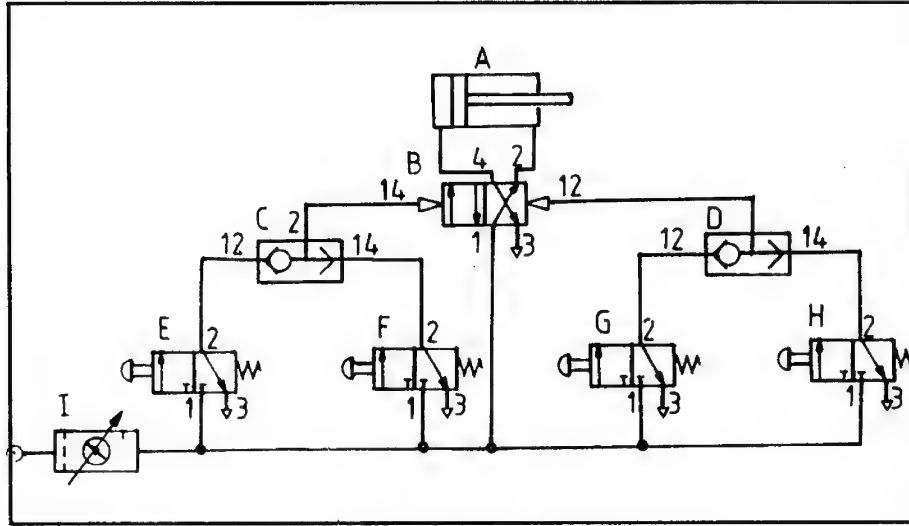
محتويات الدائرة الهوائية

A	أسطوانة أحادية الفعل .
B	صمام قدرة 3/2 بإشارة ضغط وياى إرجاع .
C	صمام ترددى (بوابة أو) .
C,D	صمام إشارة 3/2 بضغط وياى .
F	وحدة الخدمة .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة D يمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة F مروراً بالمسار 2 → 1 لهذا الصمام ووصولاً للمدخل 12 للبوابة C فتخرج إشارة ضغط من الفتحة 2 للبوابة لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع الابتدائى (الأيمن) إلى الوضع (الأيسر) فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 2 → 1 ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وبمجرد تحرير ضاغط صمام الإشارة D تنقطع إشارة الضغط التى تصل للمدخل 12 للبوابة C ، وتنقطع تبعاً إشارة الضغط التى تخرج من البوابة لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيعود الصمام لوضعه الابتدائى بفعل ياي الإرجاع ، فيخرج هواء العادم من الأسطوانة A عبر المسار 3 → 2 للصمام B فتراجع الأسطوانة A للخلف . وعند الضغط على ضاغط صمام الإشارة E تصل إشارة ضغط للمدخل 14 للبوابة C ، فتخرج إشارة ضغط من البوابة من الفتحة 2 لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وبمجرد تحرير ضاغط صمام الإشارة E تنقطع إشارة الضغط التى تصل للمدخل 14 للبوابة C ،

فتنقطع تبعاً إشارة الضغط التي تخرج من البوابة لمدخل التحكم 12 للصمام B،
 فيعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن فتراجع الأسطوانة A للخلف .
 والشكل ٣ - ١١ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل
 من مكانين مختلفين في شوطي الذهاب والعودة .



الشكل ٣ - ١١

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل .
- B صمام قدرة 4/2 يعمل بإشارتي ضغط .
- C,D صمام ترددى (بوابة أو) .
- E,F,G,H صمام إشارة 3/2 يعمل بضغوط وياى .
- I وحدة الخدمة

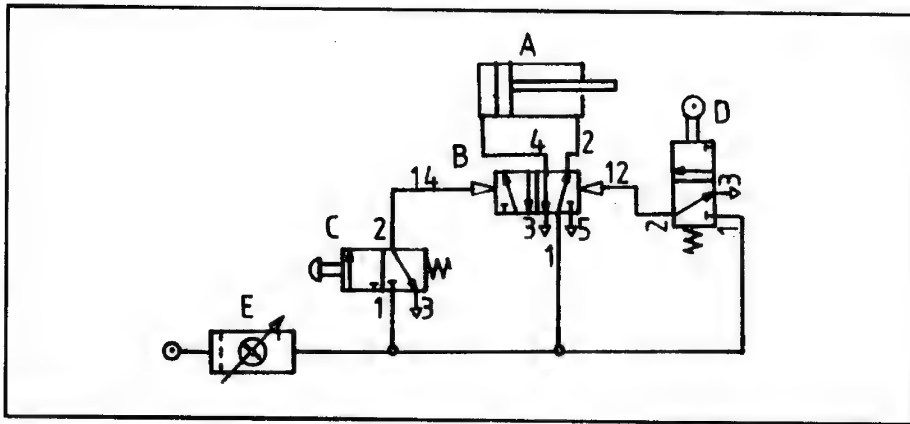
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة E ، أو ضاغط صمام الإشارة F ،
تصل إشارة ضغط هوائية لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل
للصمام من الوضع الأيمن إلى الوضع الأيسر فتتقدم الأسطوانة A للأمام .

وعند الضغط على ضاغط صمام الإشارة G ، أو ضاغط صمام الإشارة H
تصل إشارة ضغط هوائية، لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل
للصمام من الوضع الأيسر إلى الوضع الأيمن فتراجع الأسطوانة A للخلف .

٤-٣ التحكم فى الأسطوانات بصمامات نهاية المشوار الهوائية :

الشكل ٣ - ١٢ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة مستخدماً صمام
نهاية مشوار هوائى للعودة الذاتية .



الشكل ٣ - ١٢

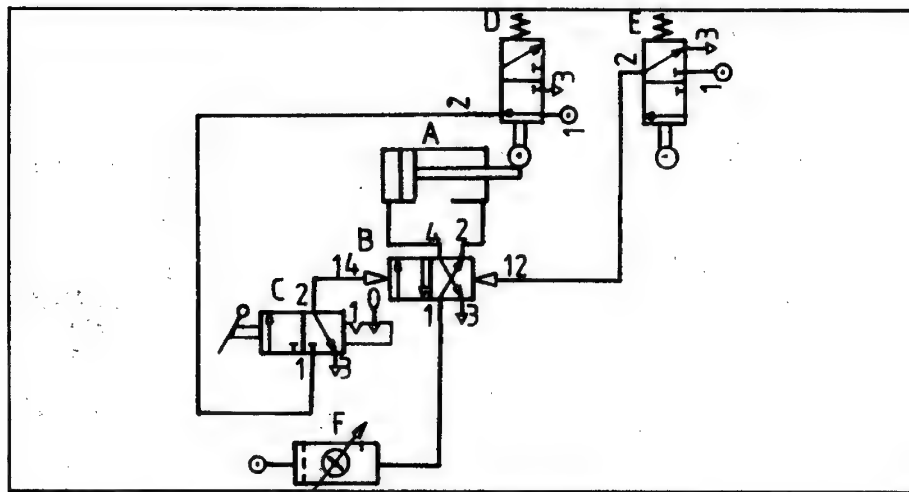
محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل .
- B صمام قدرة 5/2 بإشارتي ضغط .
- C صمام إشارة 3/2 بضابط وياى .
- D صمام نهاية مشوار 3/2 بيكرة وياى
- E وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط صمام الإشارة C تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 لصمام القدرة B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وعند وصولها لمكان تثبيت صمام نهاية المشوار D تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 ، لصمام القدرة B فتراجع الأسطوانة A للخلف .

والشكل ٣ - ١٣ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى أسطوانة ثنائية الفعل لتتحرك حركة ترددية مستخدماً صمامات نهايات مشوار هوائية .



الشكل ٣ - ١٣

محتويات الدائرة الهوائية :

A	أسطوانة ثنائية الفعل .
B	صمام قدرة 4/2 بإشارتى ضغط .
C	صمام إشارة 3/2 بذراع تشغيل وياى
D, E	صمام نهاية مشوار 3/2 ببيكرة وياى
F	وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :

عند التشغيل اليدوى لصمام الإشارة C بشرط تراجع الأسطوانة A للخلف تمر إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لصمام نهاية المشوار D ، ثم تمر بالمسار 2 → 1 لصمام الإشارة C ، لتصل إلى مدخل التحكم 14 لصمام القدرة B فيتغير وضع التشغيل للصمام إلى الوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان تثبيت صمام نهاية المشوار E فتصل إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لهذا الصمام لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيعود الصمام لوضع التشغيل الأيمن فتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لكلا الصمامين D , C لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وتظل الأسطوانة تتحرك حركة ترددية ذهاباً وإياباً إلى أن يعاد ذراع تشغيل الصمام C للوضع الابتدائى فتراجع الأسطوانة A للخلف ثم تسكن .

٣ - ٥ . تقليل سرعة الأسطوانات :

يمكن تقليل سرعة الأسطوانات باستخدام صمامات الخنق . وهناك ثلاثة

طرق لتقليل سرعة الأسطوانات وهي :

١ - خنق الهواء الداخل .

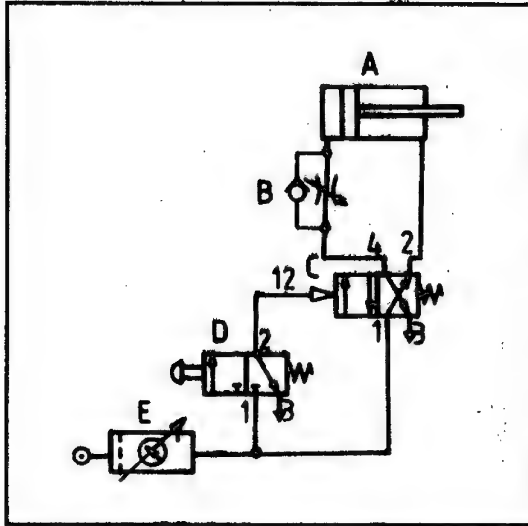
٢ - خنق هواء العادم . ٣ - خنق هواء المصدر .

٣ - ٥ - ١ خنق الهواء الداخل :

الشكل ٣ - ١٤ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في الذهاب بخنق

الهواء الداخل .

نظرية التشغيل :



عند الضغط على الضاغط

اليدوي لصمام الإشارة D يمر

الهواء المضغوط من وحدة

الخدمة E ومروراً بالمسار 1 → 2

للمصمام D ، وصولاً لمدخل

التحكم 12 للمصمام C ، فيتغير

وضع التشغيل للمصمام للوضع

الأيسر فيمر الهواء المضغوط عبر

الشكل ٣ - ١٤

المسار 1 → 4 للمصمام C ، ومروراً بالمصمام الخائق للمصمام الخائق اللارجعي B ،

ووصولاً للأسطوانة A ، فتتقدم الأسطوانة A ببطء نتيجة لخنق الهواء الداخل لها ،

بينما يعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 2 → 3 للمصمام C . وبمجرد

تحرير ضاغط الصمام D تنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للمصمام C ،

فيعود الصمام C لوضعه الابتدائي بفعل ياي الإرجاع وتراجع الأسطوانة A

للخلف بالسرعة العادية .

والشكل ١٥-٣ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في العودة بخنق

الهواء الداخل .

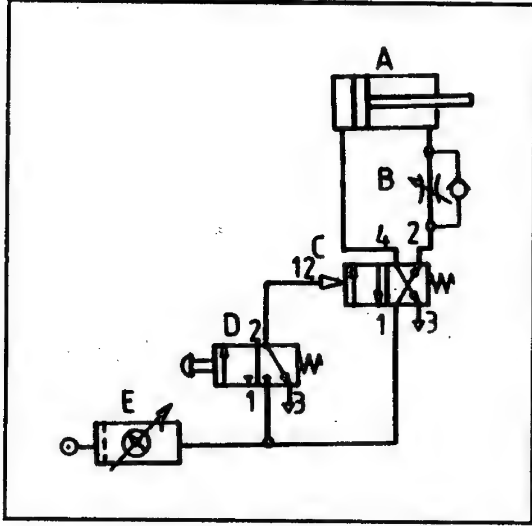
محتويات الدائرة الهوائية
لا تختلف عن الحالة السابقة.

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط
اليدوي للصمام D يمر الهواء
المضغوط عبر المسار 1 → 2
لهذا الصمام وصولاً لمدخل

التحكم 12 للصمام C ، فيتغير

وضع التشغيل للصمام C من الوضع الابتدائي الأيمن لوضع التشغيل الأيسر،
فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 1 → 4 ، وصولاً للأسطوانة A ، ويعود هواء
العادم من الأسطوانة عبر الصمام اللارجعي للصمام الخانق اللارجعي B ومروراً
بالمسار 3 → 2 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة C بالسرعة المعتادة ، وبمجرد إزالة
الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D ، تنقطع إشارة الضغط عن مدخل
التحكم 12 للصمام C ، فيعود هذا الصمام لوضع التشغيل الابتدائي له فيمر
الهواء المضغوط عبر المسار 1 → 2 ، للصمام C ومروراً بالصمام الخانق للصمام
الخانق اللارجعي B ، وصولاً للأسطوانة A ، بينما يمر هواء العادم من
الأسطوانة A بالمسار 3 → 4 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة A ببطء .

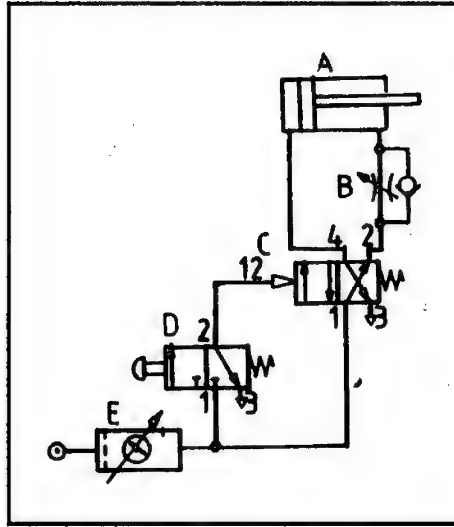


الشكل ١٥-٣

٣-٥-٢ خنق هواء العادم :

الشكل ٣-١٦ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في الذهاب بخنق

هواء العادم .



محتويات الدائرة الهوائية لا تختلف

عن الدائرة السابقة .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي

للمصمام D يتغير وضع التشغيل

للمصمام للوضع الأيسر ، فتصل إشارة

ضغط لمدخل التحكم 12 للمصمام C ،

فيتغير وضع التشغيل لهذا المصمام ،

الشكل ٣ - ١٦

فتتقدم الأسطوانة A ببطء نتيجة مرور هواء العادم الراجع من الأسطوانة في

المصمام الخائق للمصمام الخائق اللارجعي B .

أما عند إزالة الضغط على الضاغط اليدوي للمصمام D ، يعود المصمام لوضع

التشغيل الابتدائي الأيمن له ، فتقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم

للمصمام C ، فيعود المصمام C لوضعه الابتدائي الأيمن ، فتراجع الأسطوانة A

بالسرعة المعتادة نتيجة مرور الهواء الداخل في المصمام اللارجعي للمصمام الخائق

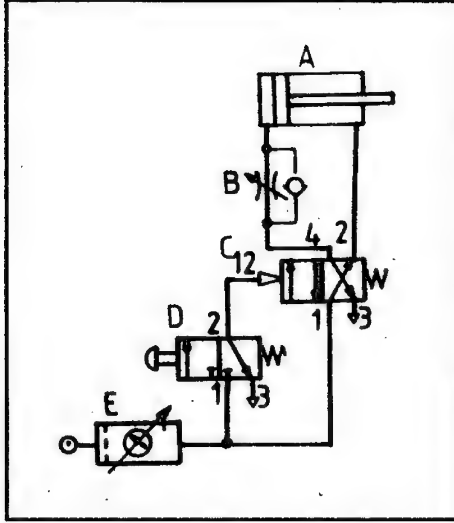
الارجعي B .

والشكل ٣-١٧ يعرض دائرة هوائية لتقليل سرعة أسطوانة في العودة بخنق

هواء العادم .

علماً بأن محتويات الدائرة لا تختلف عن الدائرة السابقة .

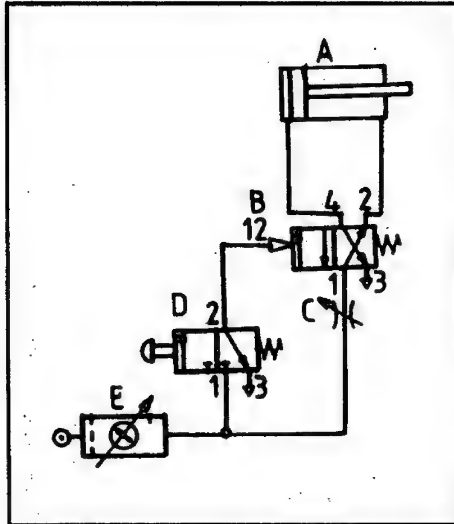
نظرية التشغيل :



الشكل ٣ - ١٧

عند الضغط على الضاغط D تتقدم الأسطوانة A بالسرعة المعتادة نتيجة لمرور الهواء الداخل عبر الصمام اللارجعي للصمام الخائق اللارجعي B، وعند إزالة الضغط عن الضاغط D تتراجع الأسطوانة A بسرعة منخفضة نتيجة لخنق هواء العادم عند مروره بالصمام الخائق للصمام الخائق اللارجعي B .

٣-٥-٣ خنق هواء المصدر :



الشكل ٣ - ١٨

وتستخدم هذه الطريقة لتقليل سرعة الأسطوانات عند الذهاب والعودة في آن واحد بنفس المعدل . والشكل ٣-١٨ يعرض الدائرة الهوائية لتقليل سرعة الأسطوانة في الذهاب والعودة بخنق هواء المصدر .

محتويات الدائرة الهوائية :

A أسطوانة ثنائية الفعل

صمام قدرة 4/2 بإشارة ضغط

B

وياي إرجاع

- C صمام خائق قابل للمعايرة
D صمام إشارة بضغط يدوي وياي
E وحدة الخدمة
نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام D تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B فيتغير وضع التشغيل للصمام B للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام بسرعة بطيئة نتيجة لخنق هواء المصدر بواسطة الصمام الخائق C ، وعند إزالة الضغط عن الضاغط اليدوي للصمام D ، يعود الصمام لوضع التشغيل الابتدائي الأيمن له ، فتتقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام B ، فيعود الصمام لوضعه الابتدائي الأيمن فتراجع الأسطوانة A للخلف بسرعة بطيئة نتيجة لخنق هواء المصدر بواسطة الصمام الخائق القابل للمعايرة C .

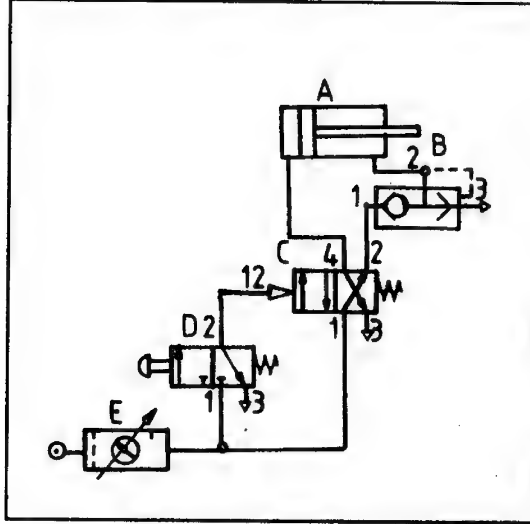
٣-٦ زيادة سرعة الأسطوانات:

يمكن زيادة سرعة الأسطوانات الهوائية باستخدام صمامات التصريف السريعة لتقصير مسار هواء العادم . ففي الشكل ٣-١٩ دائرة هوائية لزيادة سرعة أسطوانة في الذهاب .

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل
B صمام تصريف سريع
C صمام قدرة 4/2 بإشارة ضغط وياي لإرجاع
D صمام إشارة 3/2 بضغط وياي
E وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :



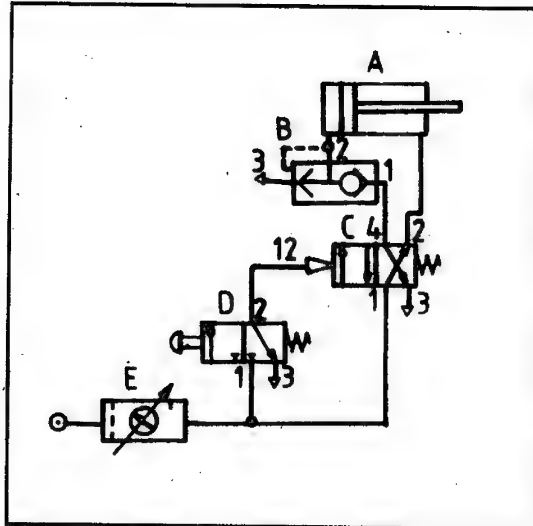
الشكل ٣-١٩

عند الضغط على ضاغط
تشغيل الصمام الاتجاهي D
يتغير وضع التشغيل للصمام
لوضع التشغيل الأيسر ، فتصل
إشارة ضغط لمدخل التحكم 12
للصمام C ، فيتغير وضع
التشغيل للصمام C هو الآخر
للوضع الأيسر ، فيمر الهواء
المضغوط في المسار 1 → 4 ،
وصولاً للأسطوانة A ، بينما

يخرج هواء العادم بسرعة في المسار 2 → 3 لصمام التصريف السريع B ،
فتتقدم الأسطوانة A بسرعة . وعند إزالة الضغط عن ضاغط الصمام الاتجاهي D
تنقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C ، فيعود الصمام لوضعه
الابتدائي ، ويمر الهواء المضغوط في المسار 1 → 2 للصمام C ، ثم مروراً بالمسار
2 → 1 لصمام التصريف السريع B وصولاً للأسطوانة A ، بينما يعود هواء
العادم من الأسطوانة مروراً بالمسار 3 → 4 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة A
بالسرعة المعتادة .

وفي الشكل ٣-٢٠ دائرة هوائية أخرى لزيادة سرعة أسطوانة في شوط
العودة. علماً بأن محتويات الدائرة الهوائية لا تختلف عن الحالة السابقة .

نظرية التشغيل :



الشكل ٣-٢٠

عند الضغط على ضاغط
الصمام D يتغير وضع التشغيل
للصمام للوضع الأيسر ، فتصل
إشارة ضغط لمدخل التحكم 12
للصمام C ، فيتغير وضع
التشغيل للصمام للوضع
الأيسر، فيمر الهواء المضغوط
في المسار 4 → 1 للصمام C ،
ثم مروراً بالمسار 2 → 1 لصمام
التصريف B ، وصولاً للأسطوانة

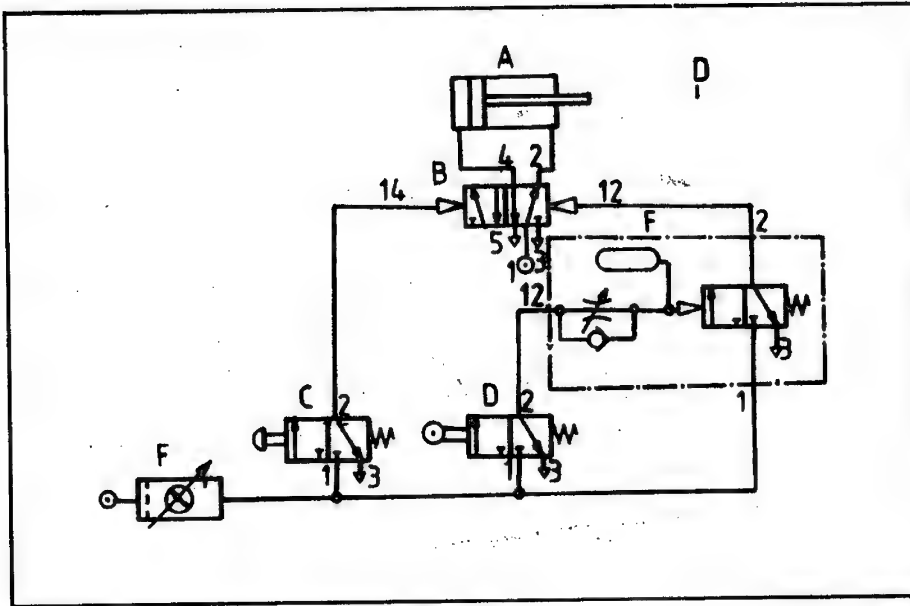
A ، فتتقدم الأسطوانة بالسرعة المعتادة ، وبمجرد إزالة الضغط عن ضاغط الصمام D ، يعود الصمام لوضع التشغيل الأيمن فتتقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 12 للصمام C ، فيعود الصمام C هو الآخر لوضع التشغيل الأيمن له بفعل الياي ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 وصولاً للأسطوانة A ، بينما يمر هواء العادم من الأسطوانة في المسار 3 → 2 لصمام التصريف السريع B ، فتراجع الأسطوانة A بسرعة كبيرة .

٣-٧ التحكم في الأسطوانات باستخدام المؤقتات الزمنية الهوائية :

في الشكل ٣-٢١ دائرة هوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل بتقديم لمدة زمنية مقدارها T ثم تعود ذاتياً .

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل
- B صمام قدرة 5/2 يعمل بإشارتي ضغط
- C صمام إشارة 3/2 يعمل بضغوط وياي
- D صمام نهاية مشوار 3/2 بيكرة وياي
- E مؤقت زمني هوائي
- F وحدة الخدمة



الشكل ٣-٢١

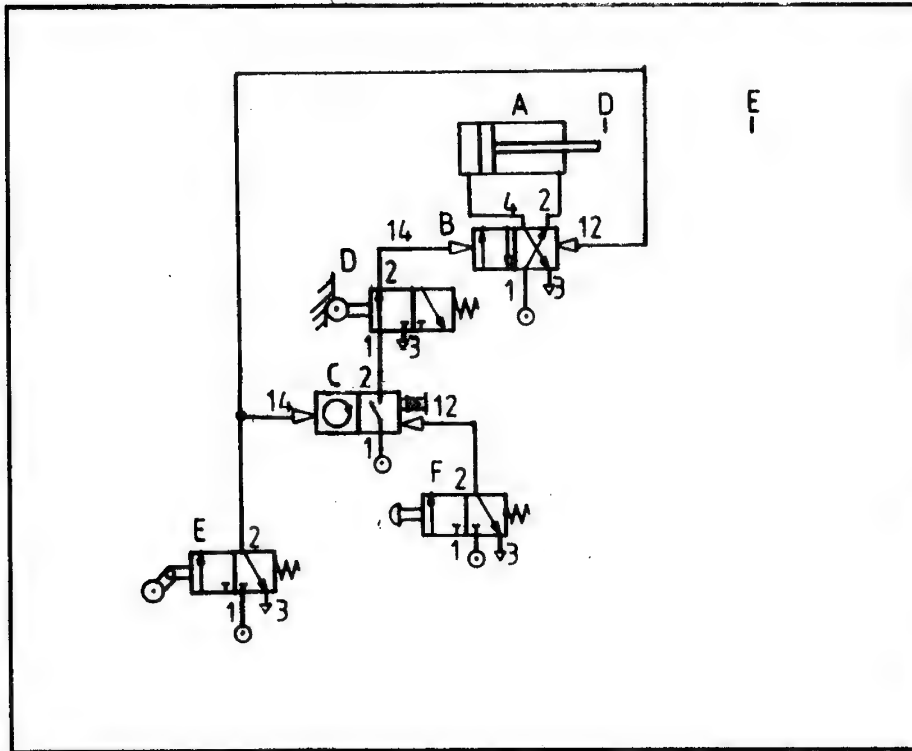
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام C ، تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14

للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط المدخل التحكم 12 للمؤقت الزمني E ، وبعد مرور الزمن المعايير عليه المؤقت الزمني يتغير وضع التشغيل له ، فتمر إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 للمؤقت الزمني ، وصولاً لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام B إلى الوضع الأيمن ، فتراجع الأسطوانة A للخلف .

٣-٨ التحكم في الأسطوانات باستخدام العدادات الهوائية :

الشكل ٣-٢٢ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل للحصول على حركة ترددية لعدد معين من المرات .



الشكل ٣ - ٢٢

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل
- B صمام 4/2 بإشارتي ضغط
- C عداد هوائي تنازلي
- D صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة وياي
- E صمام نهاية مشوار 3/2 ببكرة خاملة وياي
- F صمام إشارة بضغط وياي

ملاحظة :

صمام نهاية المشوار 3/2 ذي البكرة الخاملة (E) Idle Return Roller يختلف عن صمام نهاية المشوار 3/2 ذي البكرة العادية D في أن الأول إذا تعرضت بكرته الخاملة لضغط ميكانيكي مستمر تخرج نبضة ضغط من مخرج الصمام 2 للحظة وتختفي بعد ذلك ، في حين أن الثاني إذا تعرضت بكرته لضغط ميكانيكي مستمر تخرج إشارة ضغط مستمرة من مخرج الصمام 2 ، وتختفي لحظة إزالة الضغط الميكانيكي عن بكرة الصمام D .

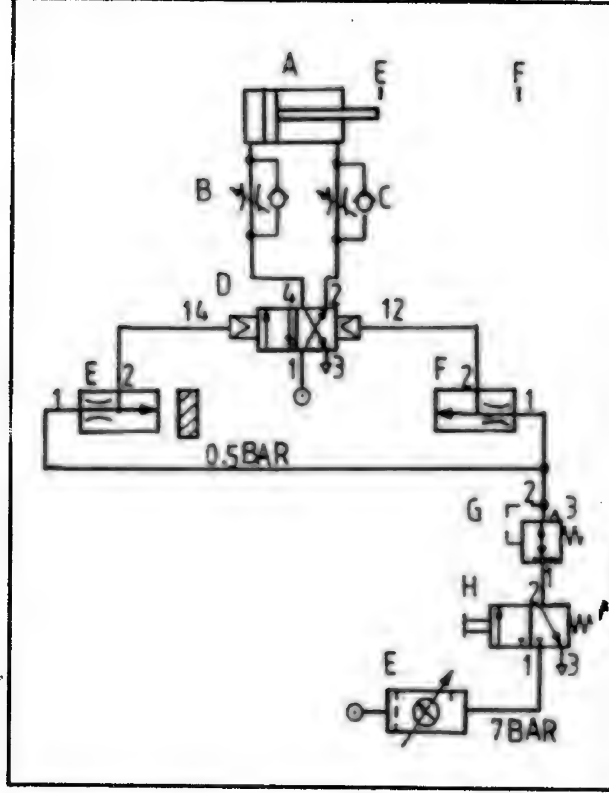
نظرية التشغيل :

في البداية يتم تحميل العداد بالعدد المطلوب بواسطة وسيلته اليدوية ، وبعد تحميل العداد تمر إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 للعداد C ، ثم عبر المسار 2 → 1 لصمام نهاية المشوار D (حيث تكون بكرته تحت تأثير ضغط من الكامة المثبتة على عمود الأسطوانة A) لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام B ،

فتتقدم الأسطوانة للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار E ، فتصل نبضة ضغط لكل من مدخل التحكم 14 للعداد (فيقل العدد المحمل به العداد بمقدار 1) وكذلك لمدخل التحكم 12 للصمام B ، فتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وصولاً لصمام نهاية المشوار E ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للعداد (فيقل العدد المحمل به العداد بمقدار 1) وكذلك للمدخل 12 للصمام B ، فتراجع الأسطوانة A للخلف ، وهكذا حتى يعود العدد المحمل به العداد للصفر في هذه الحالة ينقطع مرور الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 ، للعداد وتتوقف الأسطوانة A . الجدير بالذكر أنه يمكن إعادة العدد المحمل به العداد سابقاً بمجرد الضغط على ضاغط الصمام F ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 للعداد، فيحمل العداد بالعدد السابق ، والذي سبق وأن حمل به بالوسيلة اليدوية للعداد .

٣-٩ التحكم في الأسطوانات باستخدام المجسات التقاربية :

الشكل ٣-٢٣ يعرض دائرة هوائية للتحكم في أسطوانة ثنائية الفعل للحصول على حركة ترددية باستخدام مجسات تقاربية من النوع ذي الضغط العكسي .



الشكل ٣ - ٢٣

محتويات الدائرة الهوائية :

- | | |
|-----|---------------------------------------|
| A | أسطوانة ثنائية الفعل |
| B,C | صمام خائق لارجعي |
| D | صمام 4/2 سابق التحكم يعمل بإشارتي ضغط |
| E,F | مجس تقاربي من النوع ذي الضغط الخلفي |
| G | صمام تنظيم الضغط |
| H | صمام إشارة يعمل بذراع تشغيل وياي |

E

وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :

عند التشغيل اليدوي للصمام H ، يتغير وضع الصمام للوضع الأيسر ، فيمر الهواء المضغوط من وحدة الخدمة في المسار 2 → 1 للصمام H ، ومروراً في المسار 2 → 1 لصمام تنظيم الضغط G ، فينخفض الضغط من 7 Bar ليصل إلى 0.5 Bar ويصل هذا الضغط المنخفض للمدخل 1 لكلا الصمامين E, F ، وحيث إن الأسطوانة في البداية تكون متراجعة للخلف ، لذلك فإن الضغط يرتد في المجس E ليخرج من الفتحة 2 له ، ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل للصمام D للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ببطء وصولاً للمجس F ، فيرتد الضغط في المجس F ، وتخرج إشارة ضغط من الفتحة 2 له لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام D ، فتراجع الأسطوانة A للخلف ببطء وبالتالي يرتد الضغط في المجس E ليخرج من الفتحة 2 له ، ليصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ببطء وهكذا تظل الأسطوانة A في حركة ترددية إلى أن يعاد ذراع التشغيل للصمام H للوضع الابتدائي فتراجع الأسطوانة A للخلف وتسكن .

٣-١٠ التشغيل التتابعي للأسطوانات

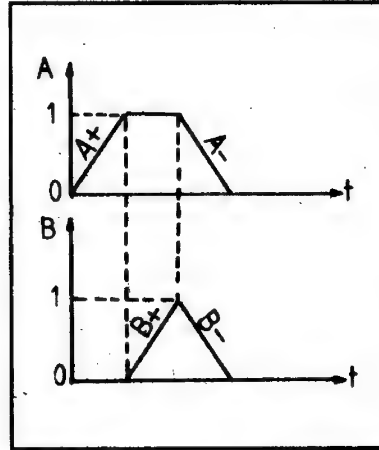
يمكن تشغيل الأسطوانات تتابعياً أي الواحدة تلو الأخرى سواء في مشوار الذهاب أو العودة بإحدى الطريقتين الآتيتين :

- ١ - باستخدام صمامات نهايات المشوار .
- ٢ - باستخدام الصمامات التتابعية .

٣-١٠-١ التشغيل التتابعي المعتمد على الوضع:

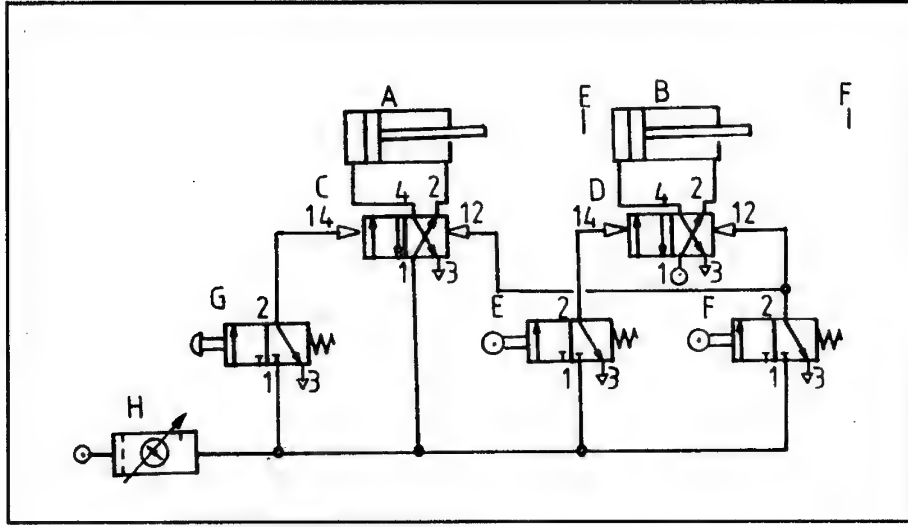
عندما تكون الدائرة الهوائية تحتوي على أكثر من أسطوانة فيلزم الأمر استخدام مخطط الإزاحة لمعرفة تتابع تشغيل الأسطوانات . وفي الشكل ٣-٢٤ مخطط الإزاحة لتشغيل الأسطوانتين A,B ومن مخطط الإزاحة يمكن معرفة تتابع تشغيل الأسطوانتين A,B وهو كالآتي :

رقم الخطوة	1	2	3
نوع الحركة	A+	B+	A- , B-



الشكل ٣ - ٢٤

حيث إن A+ أي تقدم الأسطوانة A ، B+ أي تقدم الأسطوانة B ، A- أي تراجع الأسطوانة A للخلف ، B- أي تراجع الأسطوانة B للخلف .
والشكل ٣-٢٥ يبين الدائرة الهوائية لتحقيق مخطط الإزاحة السابق .



الشكل ٣-٢٥

محتويات الدائرة الهوائية :

A,B أسطوانة ثنائية الفعل

C,D صمام 4/2 بإشارتي ضغط

E,F صمام نهاية مشوار ببيكرة وياي

G صمام 3/2 بضاغظ وياي

H وحدة الخدمة

نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغظ الصمام G يتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الثانوي ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام C للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار E ، فيتغير وضع التشغيل للصمام E ، فتصل إشارة

ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام إلى الوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة B للأمام وصولاً لمكان نهاية المشوار F ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 لكلا الصمامين C,D ، فيتغير وضع التشغيل لهما للوضع الأيمن فتراجع الأسطوانتان A,B للخلف في آن واحد .

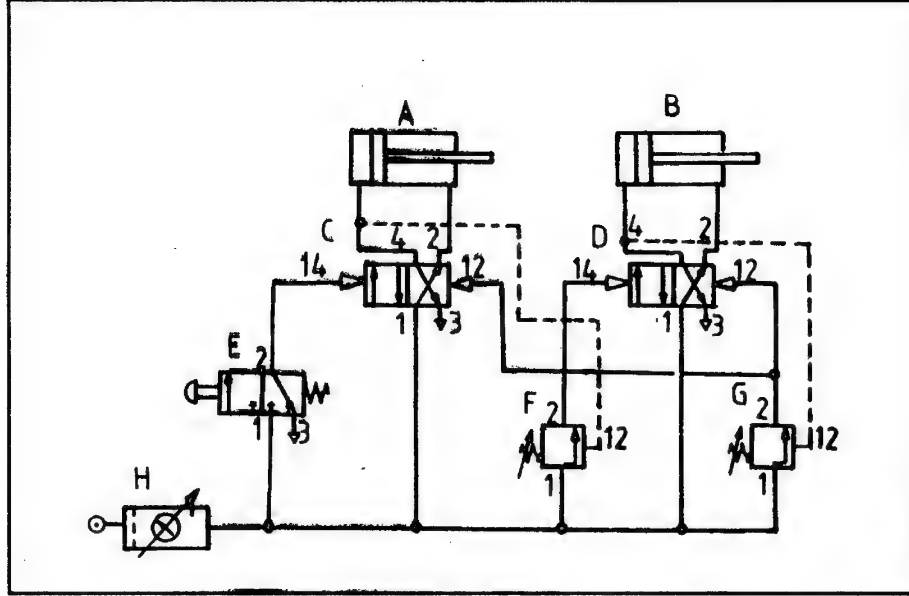
٣-١٠-٢ التشغيل التتابعي المعتمد على الضغط

في الشكل ٣-٢٦ الدائرة الهوائية لتشغيل الأسطوانتين A,B تتابعياً بالتتابع التالي :

رقم الخطوة	1	2	3
الحركة	A+	B+	A-, B-

محتويات الدائرة :

A,B	أسطوانة هوائية ثنائية الفعل
C,D	صمام 4/2 بإشارتي ضغط
E	صمام إشارة بضغوط يدوي وياي
F,G	صمام تتابعي
H	وحدة الخدمة



الشكل ٣ - ٢٦

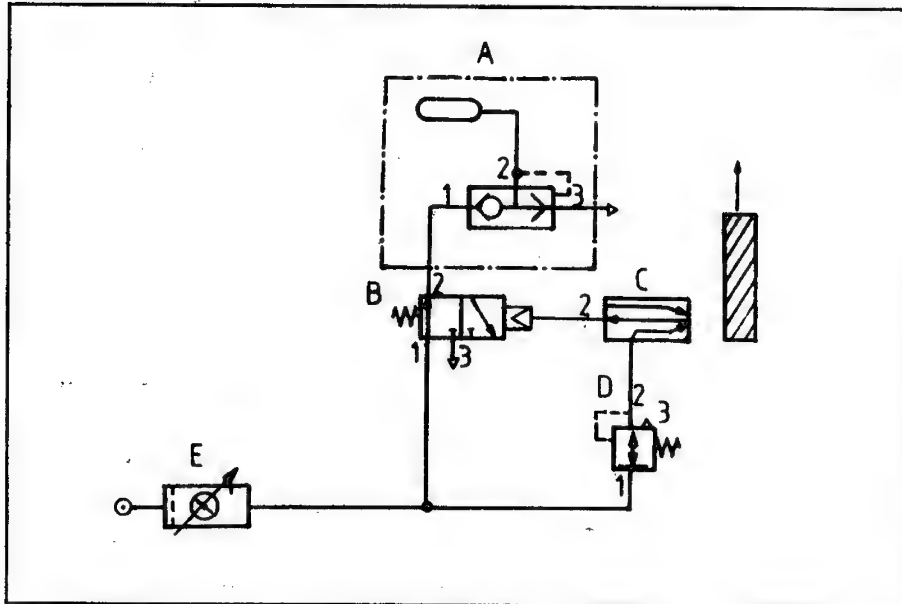
نظرية التشغيل :

عند الضغط على ضاغط الصمام E تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C فيتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وعند وصول الأسطوانة لنهاية شوط الذهاب يزداد الضغط خلف الأسطوانة فتصل إشارة ضغط كافية لمدخل التحكم 12 للصمام التتابعي F ، فيقوم الصمام بإمرار الهواء المضغوط وصولاً لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل للصمام D للوضع الأيسر، فتتقدم الأسطوانة B للأمام هي الأخرى ، وعند وصول الأسطوانة B لنهاية شوط الذهاب يزداد الضغط خلف مكبس الأسطوانة ليصل إلى الضغط المعايير عليه وحدة الخدمة ، فتصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام التتابعي G فيعمل الصمام التتابعي حينئذ على إمرار إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمامين C,D ، فيعود كلا الصمامين

لوضع التشغيل الأيمن لهما فتراجع الأسطوانتان A,B معاً للخلف .

١١-٣ التحكم في المنفاخ الهوائي : Pnumatic Ejector Control

الشكل ٣ - ٢٧ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم في المنفاخ الهوائي لقذف الشغلات بمجرد اقترابها من مجس تقاربي انعكاسي .



الشكل ٣ - ٢٧

محتويات الدائرة الهوائية :

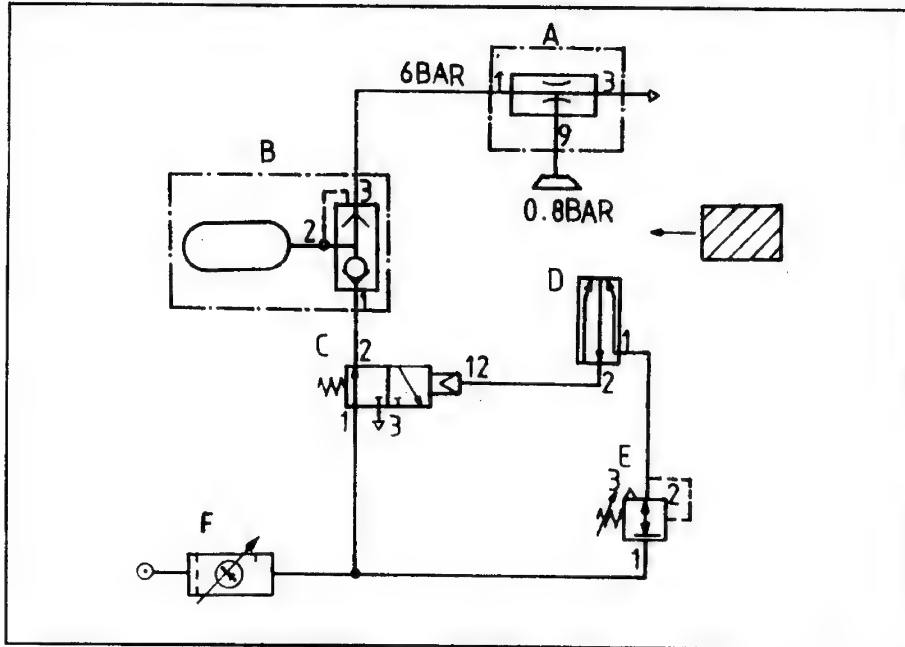
- A منفاخ هوائي
- B صمام اتجاهي 3/2 سابق التحكم بإشارة ضغط وياي .
- C مجس تقاربي انعكاسي .
- D صمام تنظيم ضغط .
- E وحدة خدمة .

نظرية التشغيل:

فى الوضع الطبيعى يمر الهواء المضغوط فى المسار $1 \rightarrow 2$ للصمام الاتجاهى B ومروراً بصمام التصريف السريع للمنفخ الهوائى A فى المسار $1 \rightarrow 2$ حتى يمتلأ خزان المنفخ الهوائى بالهواء المضغوط ، وبمجرد اقتراب شغلة من المجس التقاربى الانعكاسى C يتغير وضع التشغيل للصمام B نتيجة لوصول إشارة ضغط للمدخل 12 ، فينقطع الهواء المضغوط عن المنفخ الهوائى A ، وفى هذه اللحظة ، يقوم المنفخ بإخراج دفعة هواء كبيرة لتدفع الشغلة إلى المكان المطلوب.

٣ - ١٢ التحكم فى وحدة الرفع بالتفريغ Vacuum lifter control

الشكل ٣ - ٢٨ يعرض الدائرة الهوائية للتحكم فى وحدة الدفع بالتفريغ لالتقاط الشغلات بمجرد اقترابها من مجس تقاربى انعكاسى .



الشكل ٣ - ٢٨

محتويات الدائرة الهوائية :

- A وحدة الدفع بالتفريغ وتتكون من فونية سحب وتفريغ وكأس سحب
- B منفاخ هوائى .
- C صمام اتجاهى 3/2 سابق التحكم يعمل بإشارة ضغط وياى .
- D مجس تقارىبى انعكاسى .
- E صمام تنظيم ضغط .
- F وحدة الخدمة .

نظرية التشغيل :

فى الوضع الطبيعى يمر الهواء المضغوط فى المسار 2 → 1 للصمام الاتجاهى C ثم يمر بصمام التصريف السريع للمنفاخ الهوائى فى المسار 2 → 1 ليملاً خزان المنفاخ بالهواء المضغوط ، وبمجرد اقتراب شغلة من المجس التقاربى الانعكاسى D ، تخرج إشارة هواء مضغوط من الفتحة 2 للمجس الانعكاسى D لتصل لمدخل التحكم للصمام الاتجاهى سابق التحكم C ، فيتغير وضع التشغيل للصمام . للوضع الأيمن فينقطع الهواء المضغوط عن المنفاخ الهوائى A ، وفى هذه اللحظة يقوم المنفاخ بإخراج شحنته من الفتحة 3 وصولاً لوحدة الرفع بالتفريغ ، فيحدث تفريغ شديد عند الكأس قادر على التقاط الشغلة استعداداً لنقلها لمكان آخر بعناصر هوائية أخرى غير موضحة بهذا المثال.

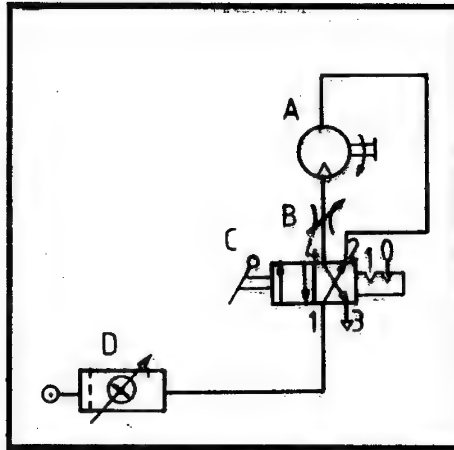
٣ - ١٣ التحكم فى المحركات الهوائية :

الشكل ٣ - ٢٩ يعرض دائرة هوائية للتحكم فى محرك هوائى ذى اتجاه واحد .

محتويات الدائرة الهوائية :

- A محرك هوائي
- B صمام خانق قابل المعايرة .
- C صمام 4/2 بذراع تشغيل .
- D وحدة الخدمة ..

نظرية التشغيل :



الشكل ٣ - ٢٩

عند وضع ذراع تشغيل الصمام C على الوضع 1 يتغير وضع التشغيل للصمام للوضع الأيسر ، فيمر الهواء المضغوط عبر المسار 1 → 4 للصمام C ، ومروراً بالصمام الخانق B ، ووصولاً للمحرك A ، فيدور المحرك . وبمجرد إعادة ذراع تشغيل الصمام C على الوضع 0 يتغير وضع التشغيل للصمام C للوضع الأيمن فيتوقف المحرك بفرملة .

وفي الشكل ٣ - ٣٠ الدائرة الهوائية للتحكم في محرك هوائي يدور في الاتجاهين .

محتويات الدائرة الهوائية :

- A محرك هوائي ثابت السرعة ويدور في الاتجاهين

B, C

D

E

نظرية التشغيل :



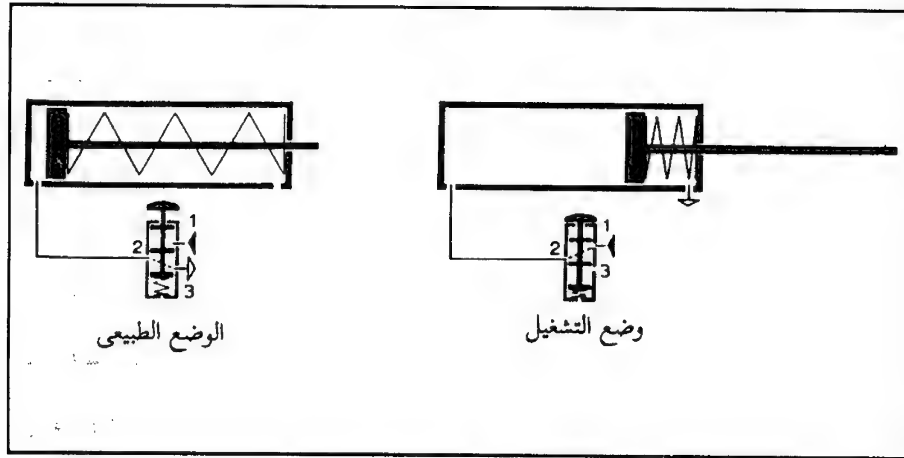
عند وضع ذراع التشغيل للصمام
D على وضع 1 يتغير وضع الصمام
من الوضع المركزي للوضع الأيسر
فيدور المحرك في اتجاه عقارب الساعة،
ويمكن التحكم في سرعة المحرك
بواسطة الصمام الخائق اللارجى B ،
وبمجرد إعادة ذراع التشغيل للصمام
D للوضع 0 يعود الصمام للوضع

المركزي ، فينقطع الهواء المضغوط عن المحرك A ، فيدور المحرك بعزم القصور الذاتي حتى يتوقف ، وعند وضع ذراع التشغيل للصمام D على الوضع 2 يتغير وضع الصمام D من الوضع المركزي إلى الوضع الأيمن فيدور المحرك في اتجاه عكس عقارب الساعة ، ويمكن التحكم في سرعة المحرك A بواسطة الصمام الخانق اللارجعي C والجدير بالذكر أنه لا يوجد اختلاف بين الدوائر الهوائية المستخدمة للتحكم في الأسطوانات الدوارة عن المستخدمة في التحكم في المحركات الهوائية ذات الاتجاهين .

٣ - ١٤ المخططات التصويرية Pictorial Diagrams

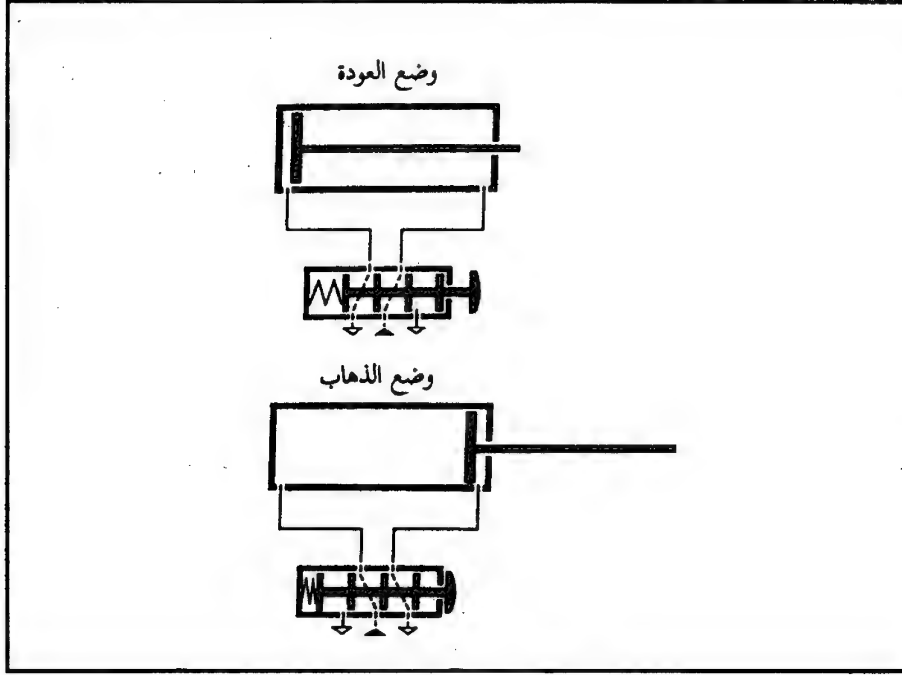
هذه المخططات توضح طريقة توصيل العناصر النيوماتيكية بشئ من التفصيل الذى يوضح فكرة عمل الدائرة النيوماتيكية بصفة عامة ، والعناصر المختلفة بصفة خاصة ، وهذه المخططات قد تفيد المبتدئ ، علماً بأن إعدادها يحتاج لجهد ووقت مقارنة بالدوائر النيوماتيكية المستخدمة للرموز النيوماتيكية .

والشكل ٣ - ٣١ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم التحكم فيها فى أسطوانة أحادية الفعل ، باستخدام صمام $3/2$ بضغوط وياى فى الوضع الطبيعى ، وأيضاً فى وضع التشغيل ، ويلاحظ أن الصمام الاتجاهى المستخدم من النوع الانزلاقى الخطى .



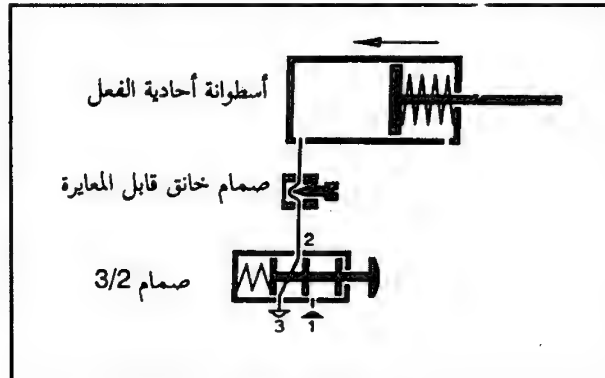
الشكل ٣ - ٣١

والشكل ٣ - ٣٢ يعرض المخطط التصويرى لدائرة نيوماتيكية بسيطة ، يتم التحكم فيها فى أسطوانة ثنائية الفعل ، باستخدام صمام $5/2$ بضغوط وياى فى وضع العودة ووضع الذهاب



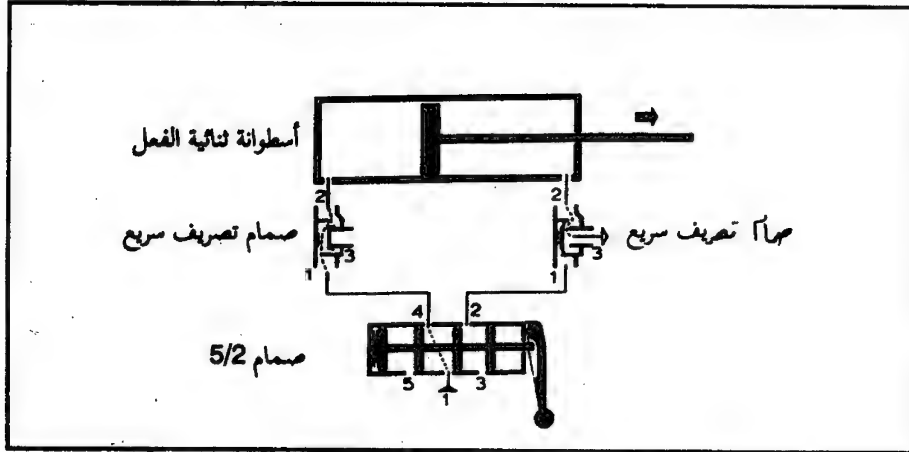
الشكل ٣-٣٢

والشكل ٣ - ٣٣ يعرض المخطط التصوري لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم التحكم فيها في سرعة أسطوانة أحادية الفعل ، باستخدام صمام 3/2 بضغوط

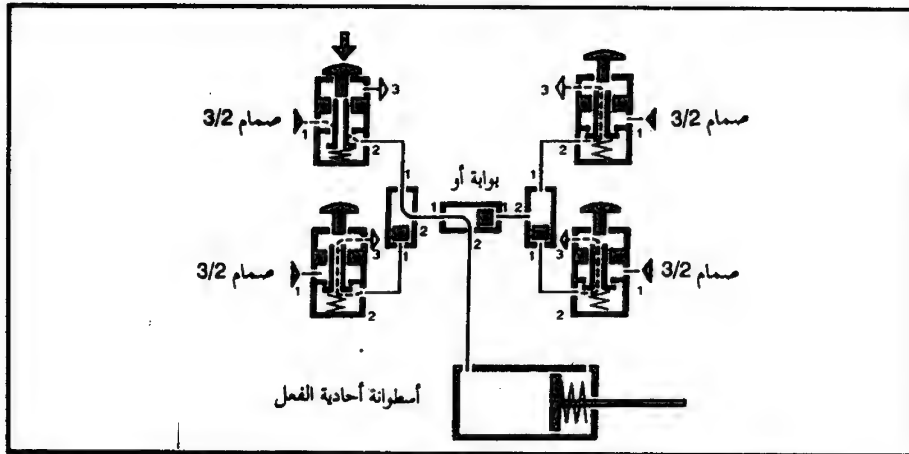


ويأى وصمام
خائق قابل
المعايرة .

الشكل ٣-٣٣



الشكل ٣-٣٤



الشكل ٣-٣٥

والشكل ٣ - ٣٤ يعرض المخطط التصوري لدائرة نيوماتيكية بسيطة يتم

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 84



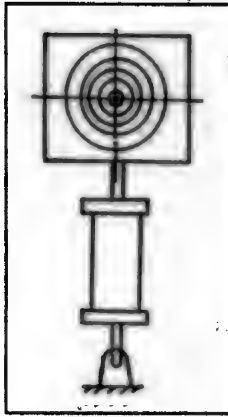
الباب الرابع

تطبيقات على التحكم النيوماتيكي

٤ - ١ جهاز رماية الأسلحة الخفيفة :

يتكون هذا الجهاز من أسطوانة هوائية تحمل نموذج رماية يأخذه الرماة هدفاً لهم للتدريب على فن الرماية. وتقوم الأسطوانة بتحريك هذا النموذج في ثلاثة مستويات مختلفة باستخدام ثلاثة ضواغط يدوية . والمخطط التكنولوجي لهذا الجهاز موضح بالشكل ٤ - ١ والدائرة الهوائية بالشكل ٤ - ٢.

محتويات الدائرة الهوائية :



الشكل ٤ - ١

أسطوانة بذراعين متضادين .

صمام 4/2 يعمل كصمام قدرة . B, c

صمام ترددي (بوابة أو) . D, E

صمام 3/2 بضغوط وياى للحصول على وضع

البداية (I) . F

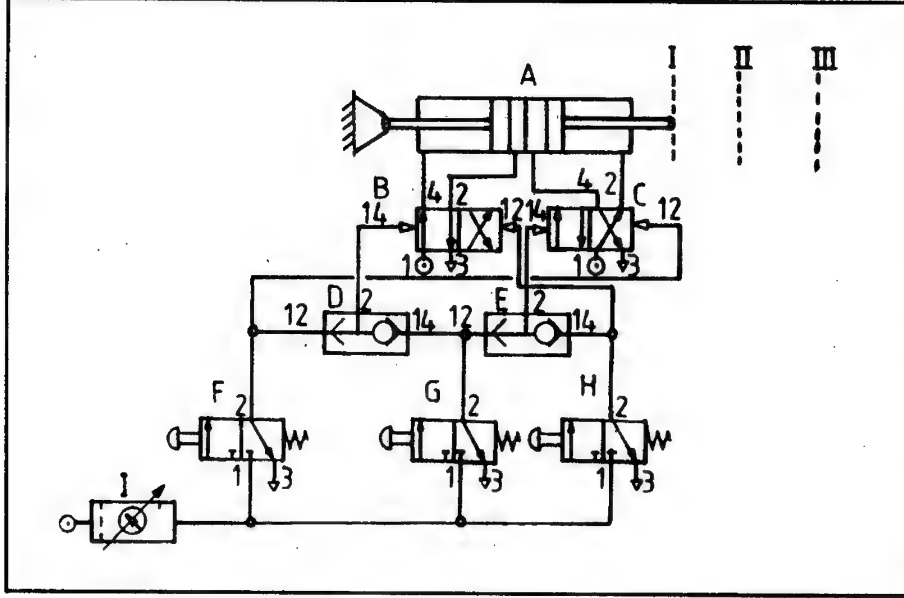
صمام 3/2 بضغوط وياى للحصول على

وضع المنتصف (II) . G

صمام 3/2 بضغوط وياى للحصول على وضع النهاية (III) H

L

وحدة الخدمة



الشكل ٤-٢

نظرية عمل الدائرة الهوائية :

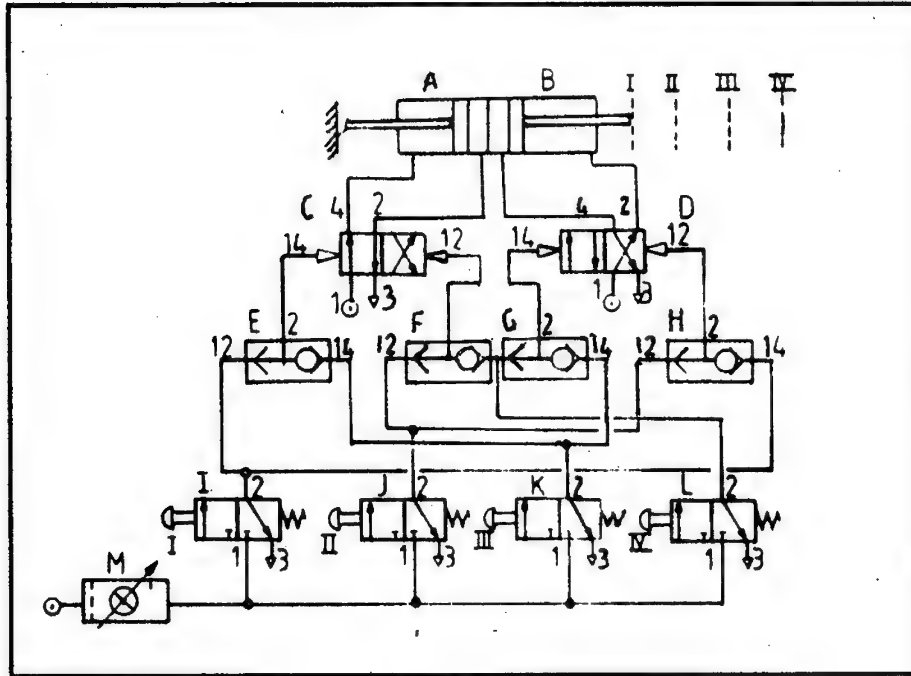
عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام F تصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B ، وتصل أيضاً إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فنحصل على الوضع I للأسطوانة .

وعند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام G تصل إشارة ضغط للمدخل 14 للصمام D ، وكذلك تصل إشارة ضغط للمدخل 12 للصمام E ، فينتج عن ذلك وصول إشارتي ضغط لمدخل التحكم 14 لكلا الصمامين B, C ، فنحصل على الوضع II للأسطوانة .

وعند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام H تصل إشارة ضغط للمدخل 14 للصمام E) فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2 لهذا الصمام لتصل لمدخل

التحكم 14 للصمام C) وكذلك تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام B ،
فنهصل على الوضع III للأسطوانة .

أما الشكل ٣-٤ فيعرض الدائرة الهوائية لجهاز رماية يتحرك نموذجه في
أربعة مستويات مختلفة تعمل بأربعة ضواغط يدوية .



الشكل ٣ - ٤

محتويات الدائرة الهوائية :

- | | |
|------------|----------------------------------|
| A | أسطوانة ثنائية الفعل قصيرة الشوط |
| B | أسطوانة ثنائية الفعل طويلة الشوط |
| C, D | صمام 4/2 بإشارتي ضغط |
| E, F, G, H | بوابة أو |

ضمام 3/2: بضاغظ وياي للحصول على الحركات الأربعة I, J, K, L

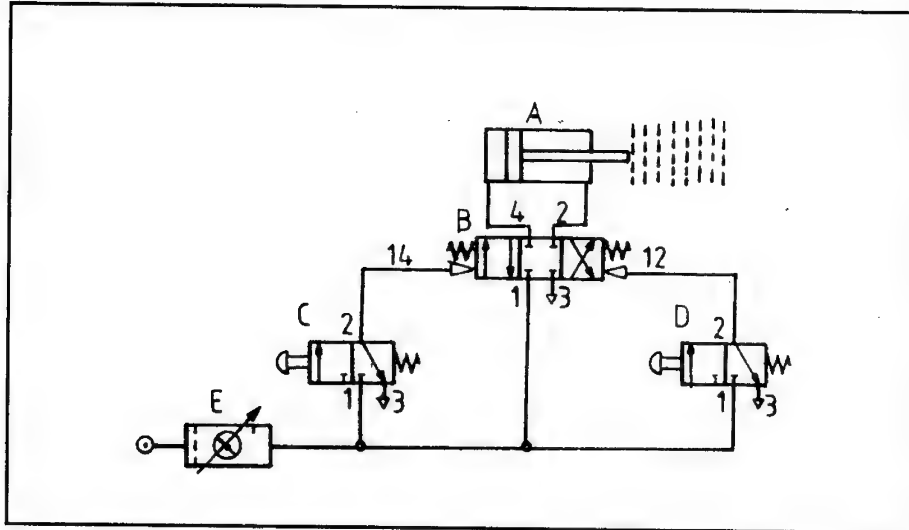
M

وحدة الخدمة

نظرية العمل :

لايتختلف نظرية عمل الدائرة الهوائية الموضحة بالشكل ٤-٣ عن نظرية عمل الدائرة الموضحة بالشكل ٤-٢ . حاول أن تستنتج نظرية عمل الدائرة التي نحن بصدددها بنفسك .

وفي الشكل ٤-٤ الدائرة الهوائية لجهاز رماية يتحرك نموذجه في عدد لانهائي من المستويات ، يتم التحكم فيه بواسطة ضاغطين أحدهما للرفع والآخر للخفض .



الشكل ٤ - ٤

محتويات الدائرة الهوائية :

A

أسطوانة ثنائية الفعل طويلة الشوط

- B صمام 4/3 بإشارتي ضغط
- C صمام 3/2 بضاغظ وياي للحصول على شوط الذهاب للأسطوانة
- D صمام 3/2 بضاغظ وياي للحصول على شوط العودة للأسطوانة
- E وحدة الخدمة

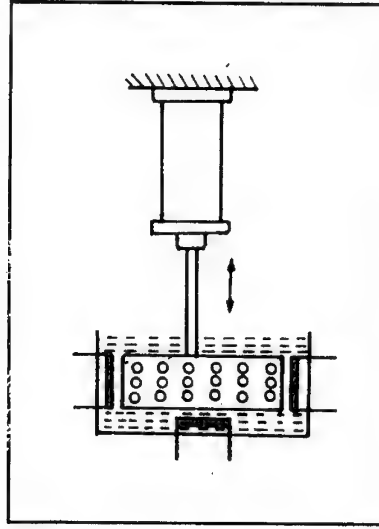
نظرية عمل الدائرة الهوائية :

عند الضغط على ضاغظ الصمام C ، تصل إشارة ضغط إلى وصلة التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع الصمام إلى الوضع الأيسر ، فيدخل الهواء المضغوط عبر المسار 4 → 1 ، ويمر هواء العادم عبر المسار 3 → 2 ، وتتقدم الأسطوانة إلى النقطة التي يقوم عندها المشغل بإزالة الضغط عن ضاغظ الصمام C ، فتتوقف الأسطوانة نتيجة لعودة الصمام B لوضعه الابتدائي الذي فيه جميع الوصلات مغلقة . ومن الواضح أنه بزيادة زمن الضغط على ضاغظ الصمام C تزداد المسافة المقطوعة لذراع الدفع للأسطوانة في شوط الذهاب والعكس بالعكس . أما عند الضغط على ضاغظ الصمام D ، تصل إشارة ضغط لوصلة التحكم 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل للصمام من الوضع المركزي إلى وضع التشغيل الأيمن ، فيمر الهواء المضغوط في المسار 2 → 1 ويخرج هواء العادم عبر المسار 3 → 4 ، وتراجع الأسطوانة وتتوقف عند النقطة التي عندها يزال الضغط عن ضاغظ الصمام D ، نتيجة لعودة الصمام B لوضعه الابتدائي المغلق الوصلات .

٤-٢ وحدة جلفنة مواسير الصلب :

تستخدم هذه الوحدة في مصانع صناعة المواسير الصلب ، حيث تقوم هذه الوحدة بغمر مواسير الصلب بعد تصنيعها في خزان الزنك المنصهر لجلفنة

المواسير، وتتم عملية غمر المواسير وإخراجها من الخزان ببطء لمنع الطرشة :
والشكل ٥-٤ يعرض المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة .

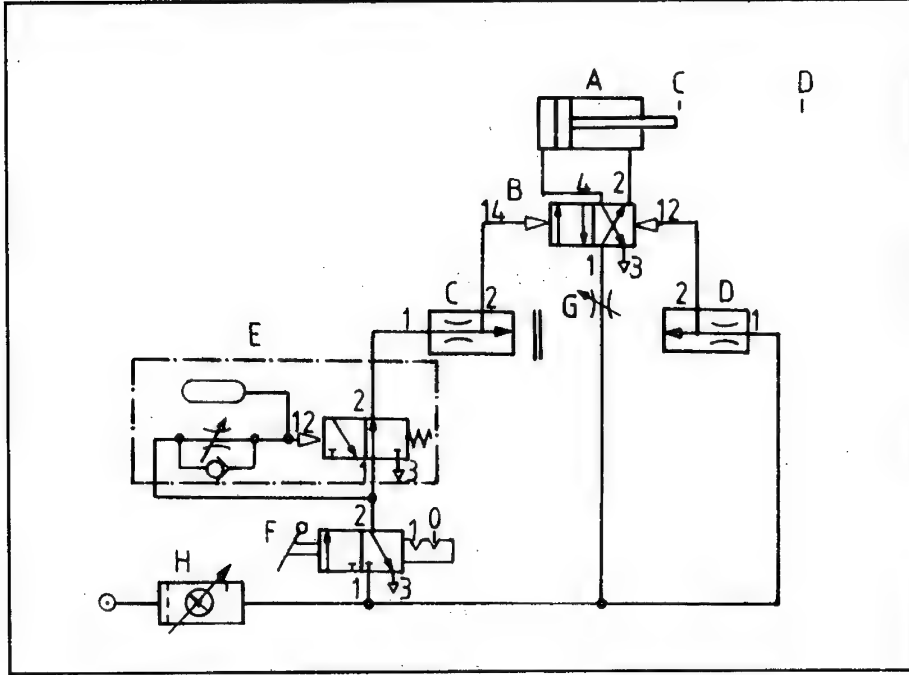


الشكل ٤ - ٥

أما الشكل ٦-٤ فيعرض دائرة التحكم الهوائية لوحدة جلفنة المواسير
الصلب.

محتويات الدائرة الهوائية :

- | | |
|------|------------------------------|
| A | أسطوانة ثنائية الفعل |
| B | صمام 4/2 بإشارتي ضغط |
| C, D | مجسّين بضغط خلفي |
| E | مؤقت زمني بوضع ابتدائي مفتوح |
| F | صمام 3/2 بذراع تشغيل |
| G | صمام خائق قابل المعايرة |
| H | وحدة الخدمة |



الشكل ٤ - ٦

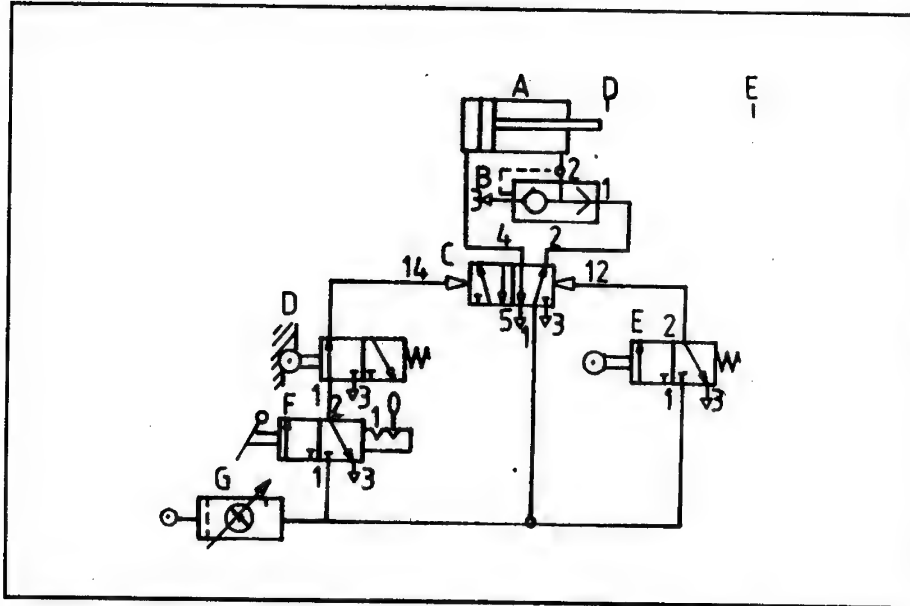
نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للضمام F على وضع 1 ، يمر الهواء المضغوط عبر المؤقت الزمني الهوائي E ، وكذلك عبر المجس ذي الضغط الخلفي C (حيث إن ذراع الأسطوانة يكون مقابل للمجس عند التراجع) ليصل لمدخل التحكم 14 للضمام B ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وفي هذه الحالة يكون ذراع الأسطوانة في مواجهة المجس D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للضمام B ، فتتراجع الأسطوانة A للخلف ، وفي هذه الحالة يصبح ذراع الأسطوانة في مواجهة المجس C ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للضمام B فتتقدم الأسطوانة A للأمام ، وهكذا تتحرك الأسطوانة حركة ترددية بطيئة نتيجة لخلق هواء المصدر وبعد انتهاء الزمن المعايير عليه المؤقت الزمني E ينقطع

وصول الهواء المضغوط للمدخل 1 للمجس C ، وتباعاً ينقطع الهواء المضغوط عن مدخل التحكم 14 للصمام B لحظة رجوع الأسطوانة للخلف فتتوقف الأسطوانة. وبذلك يمكن القول بأن هذه الدائرة تقوم بتشغيل الأسطوانة A حركة ترددية بطيئة لفترة زمنية مقدارها T.

٣-٤ دقاق الأحجار اليدوي Hand held Hammer :

يستخدم دقاق الأحجار اليدوي في التعدين وإنشاء وصيانة الطرق . والشكل ٧-٤ يبين الدائرة الهوائية لهذا الدقاق .



الشكل ٧ - ٤

محتويات الدائرة الهوائية :

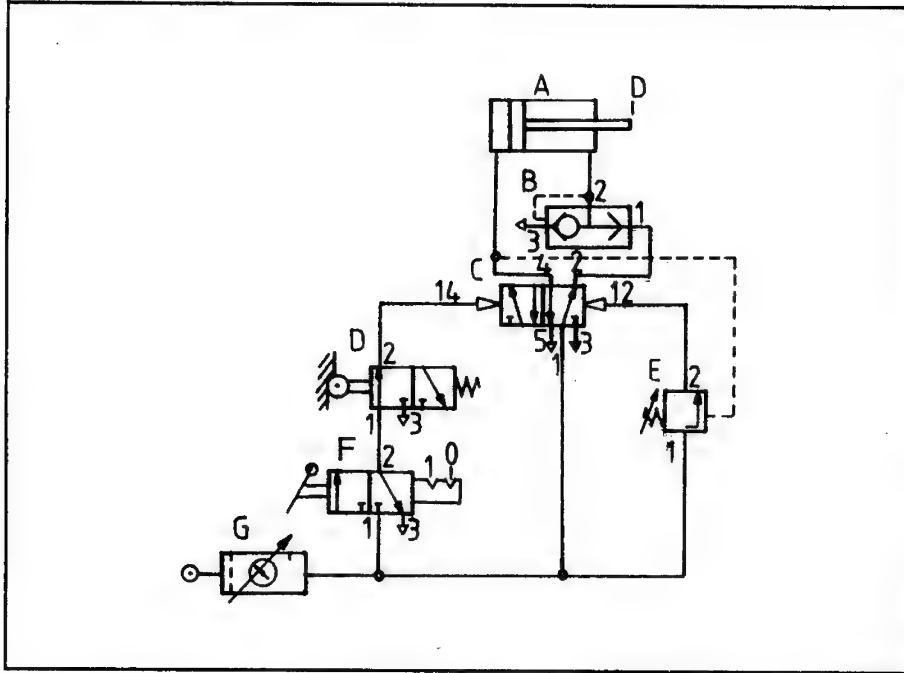
- A أسطوانة ثنائية الفعل
- B صمام تصريف سريع

| | |
|-----|----------------------|
| C | صمام 5/2 بإشارتي ضغط |
| D,E | صمام 3/2 ببيكرة وياي |
| F | صمام 3/2 بذراع تشغيل |
| G | وحدة الخدمة |

نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع تشغيل الصمام F على وضع 1 ، ينتقل هذا الصمام للوضع الأيسر له ، فيمر هواء المصدر عبر هذا الصمام ، وكذلك عبر الصمام D (نتيجة لانضغاط بكرته بفعل الكامنة المثبتة على ذراع الأسطوانة) ليصل إلى مدخل التحكم 14 للصمام C ، فينتقل الصمام إلى وضع التشغيل الأيسر له ، فيمر هواء المصدر عبر المسار 4 → 1 ، بينما يمر هواء العادم من الأسطوانة في المسار 3 → 2 لصمام التصريف السريع B ، فتتقدم الأسطوانة بسرعة لتصل إلى مكان تثبيت الصمام E ، فتضغط الكامنة المثبتة على عمود الأسطوانة على بكرة هذا الصمام ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فينتقل الصمام إلى وضع التشغيل الأيمن له ، فيمر هواء المصدر عبر المسار 2 → 1 لهذا الصمام ، ثم عبر المسار 2 → 1 لصمام التصريف السريع B وصولاً للأسطوانة ، بينما يعود هواء العادم من الأسطوانة عبر المسار 5 → 4 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة للخلف بالسرعة المعتادة ، وصولاً لمكان تثبيت الصمام D ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C ، وتكرر دورة التشغيل من جديد ، وهكذا إلى أن يقوم المشغل بإعادة ذراع الصمام F على الوضع 0 ، فتتوقف الأسطوانة بعد تراجعها للخلف .

وفي الشكل ٤-٨ دائرة هوائية أخرى لدقاق الأحجار اليدوي .



الشكل ٤ - ٨

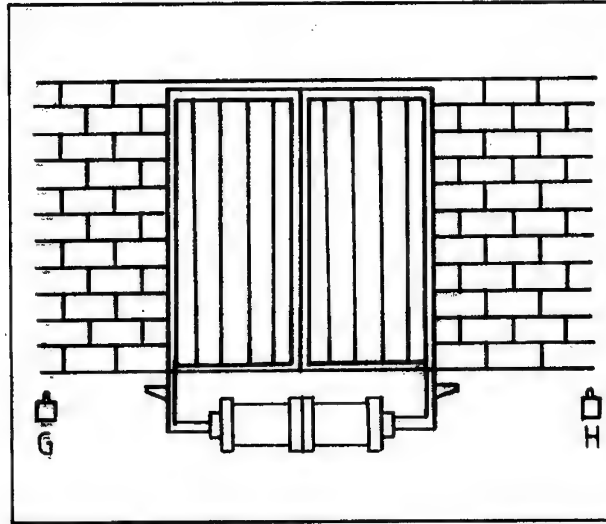
ويلاحظ أن محتويات الدائرة الهوائية لا تختلف عن الدائرة السابقة عدا أن الصمام الاتجاهي E استبدل بصمام تناسلي .
نظرية التشغيل :

عند وضع ذراع التشغيل للصمام F على الوضع 1 تصل إشارة ضغط عبر المسار 2 → 1 لكلا الصمامين D و F لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام بسرعة ، وفي هذه اللحظة تتحرر بكرة الصمام D ، فينقطع إشارة الضغط عن مدخل التحكم 14 للصمام C ، وعند وصول الضغط خلف مكبس الأسطوانة A للضغط المعاكس عليه الصمام التناسلي E يفتح الصمام التناسلي ليمرر الهواء المضغوط ، ليصل إلى مدخل التحكم 12 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة A للخلف لتصل لمكان تثبيت الصمام D ، فتضغط الكامة المثبتة على

ذراع الأسطوانة على بكرة هذا الصمام ، وتكرر دورة التشغيل من جديد ، وتستمر أسطوانة الدقاق تتحرك حركة ترددية إلى أن يقوم المشغل بوضع ذراع تشغيل الصمام F على وضع O ، فتراجع الأسطوانة للخلف وتساكن .

٤-٤ بوابة الجراج الأفقية :

في الشكل ٩-٤ المخطط التكنولوجي لبوابة بدرفتين يتم فتحها باستخدام أسطوانة بذراعين متضادين . Opposed Thrust Cylinder .



الشكل ٩ - ٤

وفي الشكل ١٠-٤ الدائرة الهوائية لتشغيل هذه البوابة من مكانين مختلفين .

نظرية التشغيل :

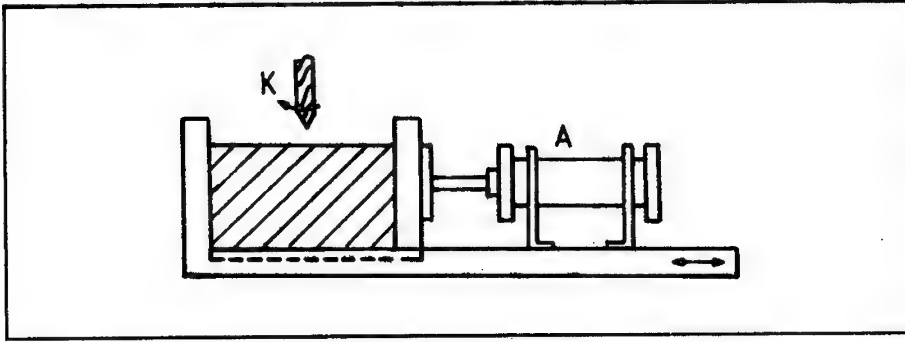
عند الضغط على ضاغط تشغيل الصمام D أو الصمام E تصل إشارة ضغط للبوابة المنطقية C ، فتخرج إشارة ضغط من المخرج 2 للبوابة لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيسر، فيتقدم ذراعي الأسطوانة A لفتح البوابة . وفي هذه اللحظة تضغط الكامات المثبتة على ذراعي الأسطوانة على بكرات صمامات نهايات المشوار G,H . وبالتالي يتغير وضع التشغيل لهذه الصمامات ليصبح الوضع الأيسر فتصل إشارة ضغط عبر الصمامين G,H ، وصولاً للمدخل 1 للمؤقت الزمني F . وبعد انتهاء الزمن المعايير عليه هذا المؤقت يقوم المؤقت بتغيير وضع التشغيل له ، فتتمر إشارة الضغط القادمة من الصمامين G,H خلال المؤقت الزمني ، ووصولاً للمدخل 12 للصمام B ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيمن ، فيتراجع ذراعاً الأسطوانة A لغلاق بوابة الجراج الأفقية .

٤-٥ الدريل الهوائي :

يفضل استخدام المحركات الهوائية في أعمال التجميع الخفيفة للأسباب الآتية :

- ١ - خفة الوزن وصغر الحجم مقارنة بالمحركات الكهربائية التي لها نفس القدرة .
- ٢ - تتحمل الأحمال الزائدة بدون أن تنهار .
- ٣ - يسهل صيانتها .
- ٤ - لا يوجد أي احتمال للصدمات الكهربائية للعاملين .
- ٥ - مدى لانهائي من السرعات .

وفي الشكل ٤ - ١١ المخطط التكنولوجي لدريل هوائي يحتوى على وحدة تثبيت تعمل بضغط منخفض لتثبيت الشغلة بطريقة يسهل ضبطها ، ثم بعد ذلك تعمل بضغط عالٍ لتثبيت الشغلة استعداداً لعملية الثقب .

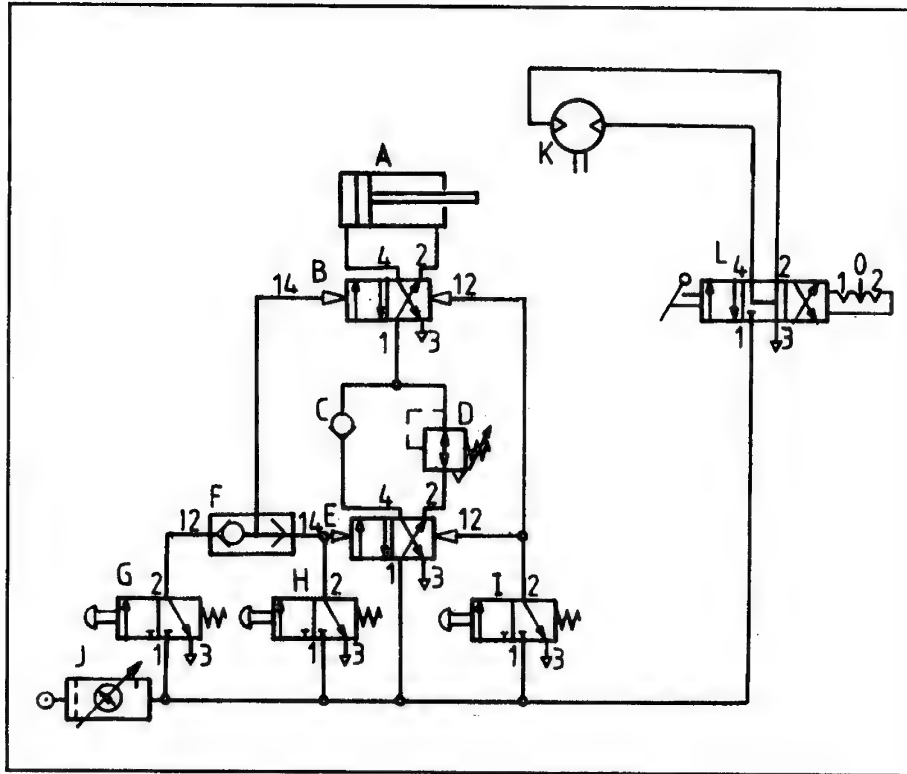


الشكل ٤ - ١١

وفي الشكل ٤ - ١٢ الدائرة الهوائية للتحكم فى المثقاب الهوائى .
محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل لتثبيت الشغلة .
- B, E صمام 4/2 بإشارتى ضغط .
- C صمام لارجعى .
- D منظم ضغط .
- F صمام ترددى (بوابة أو) .
- G, H, I صمام 3/2 بضغوط وياى .
- J وحدة الخدمة .
- K محرك هوائى بسرعة ثابتة ويدور فى الاتجاهين

صمام 4/3 بذراع تشغيل بثلاثة مواضع .



الشكل ٤ - ١٢

نظرية عمل المثقاب الهوائي :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام G تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام B فتتقدم الأسطوانة A لتثبيت الشغلة بقوة ضعيفة نتيجة مرور هواء المصدر عبر منظم الضغط D ، وبعد ضبط الشغلة يتم الضغط على الضاغط اليدوي للصمام H ، فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 لكل من

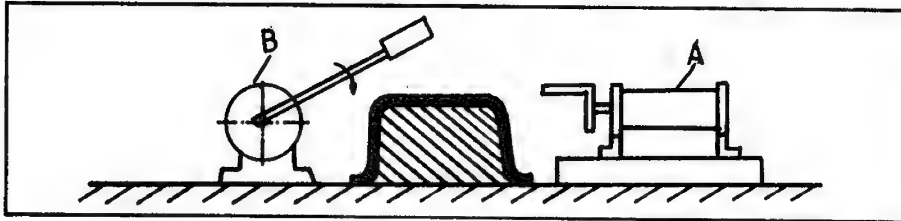
الصمام B، E، فيتغير وضع التشغيل للصمام E، فيمر هواء المصدر عبر المسار 4 → 1، مروراً بالصمام اللارجعي C فيصل هواء مضغوط ذي ضغط عال (الضغط المعايير عليه وحدة الخدمة وعادة يكون 6 Bar) خلف الاسطوانة A، فتزداد قوة تثبيت الشغلة، وفي هذه الحالة يقوم المشغل بوضع ذراع تشغيل الصمام L على وضع 1، فيدور المحرك الهوائي جهة اليمين، وبواسطة وسيلة يدوية يقوم المشغل بإعطاء التغذية الرأسية لظرف المثقاب لإتمام الثقب، وبعد الانتهاء من الثقب يقوم المشغل برفع بنطة المثقاب من الشغلة بواسطة الوسيلة اليدوية أيضاً، ثم بعد ذلك يعيد المشغل ذراع تشغيل الصمام L على وضع 0 لإيقاف ظرف المثقاب، وحينئذ يقوم المشغل بالضغط على الضاغط اليدوي للصمام I لتحرير الشغلة.

ملاحظة:

أحياناً يدار محرك ظرف المثقاب جهة اليسار، وذلك بوضع ذراع تشغيل الصمام L على وضع 2 عند صعوبة إخراج الظرف من الشغلة بعد انتهاء الثقب بالوسيلة اليدوية.

٤ - ٦ وحدة ختم المشغولات البلاستيكية :

توجد هذه الوحدة في أحد مصانع الأوعية البلاستيكية، وتقوم هذه الوحدة بعمل ختم على الأوعية المنتجة يتضمن بيانات عن التصنيع. والمخطط التكنولوجي لهذه الوحدة مبينة بالشكل ٤ - ١٣.

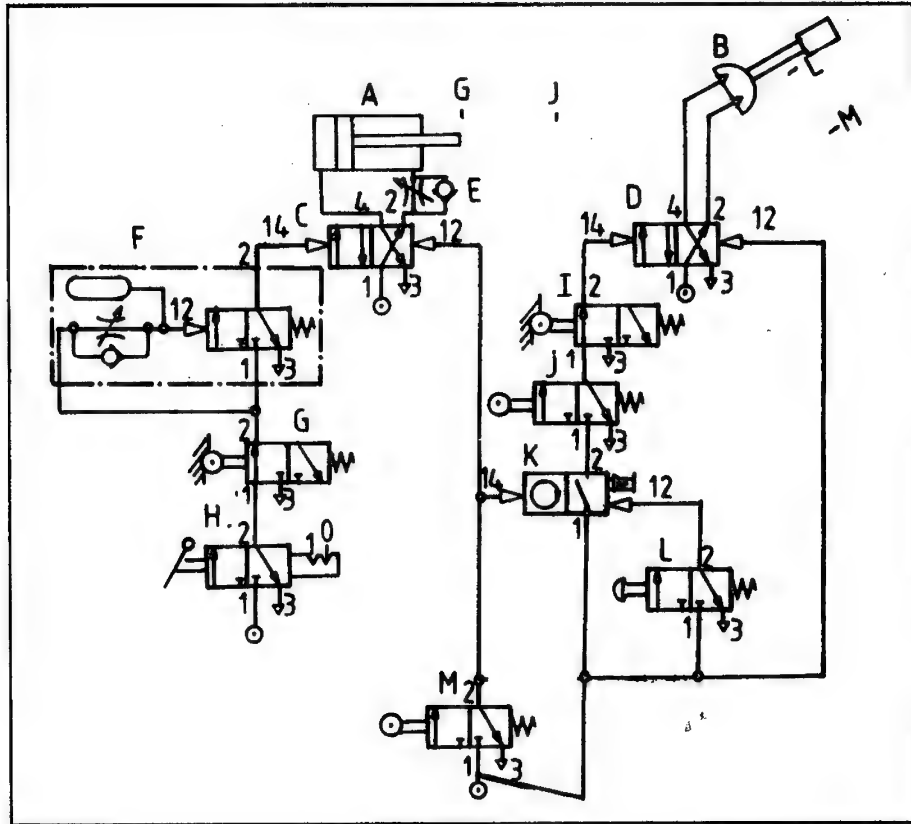


الشكل ٤ - ١٣

وفي الشكل ٤ - ١٤ الدائرة الهوائية لهذه الوحدة .

محتويات الدائرة الهوائية :

- A أسطوانة ثنائية الفعل .
- B أسطوانة دورة .
- C, D صمام 4/2 يعمل بإشارتى ضغط .
- E صمام خائق لارجعى قابل المعاييرة .
- F مؤقت هوائى بوضع ابتدائى مغلق .
- G, I, J, M صمام نهاية مشوار .
- K عداد هوائى تنازلى .
- H, L صمام 3/2 بذراع تشغيل وياى .



الشكل ٤ - ١٤

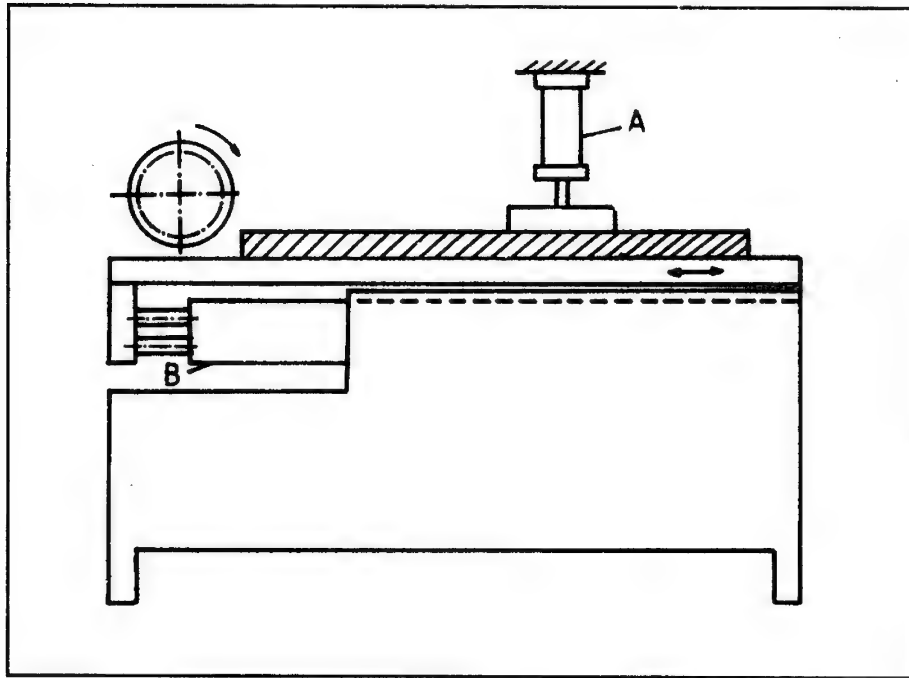
نظرية التشغيل :

لختم عدد معين من الشغلات يتم ضبط العداد الهوائي K على العدد المطلوب ، فيمر هواء المصدر عبر العداد الهوائي ، وعند وضع ذراع التشغيل للصمام H على الوضع 1 تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام C ، وذلك بعد انتهاء الزمن المعايير عليه المؤقت F (الصمام G يمرر ، هواء مضغوط نتيجة لانضغاط بكرته ، نتيجة لعودة الأسطوانة A للخلف) فتتقدم الأسطوانة A لتثبيت الشغلة وعند وصول الأسطوانة A لآخر شوط الذهاب ، يتغير وضع التشغيل للصمام L إلى الوضع الأيسر فتمر إشارة هواء مضغوط عبر العداد الهوائي K ثم الصمام L ثم الصمام I (نتيجة لانضغاط بكرته عند تراجع الأسطوانة الدوارة B) لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فيتغير وضع التشغيل لهذا الصمام للوضع الأيسر فتدور الأسطوانة الدوارة B فى اتجاه عقارب الساعة لعمل الختم المطلوب ، وعند وصول الأسطوانة لمكان الصمام M تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمامين D, C وكذلك إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للعداد K (كل هذه الإشارات نتيجة لتغير وضع الصمام M للوضع الأيسر) فتراجع الأسطوانتان A , B ويقل العدد المحمل به العداد K بمقدار 1 وبعد انتهاء الزمن المعايير عليه المؤقت F واللازم لقيام المشغل باستبدال الوعاء المختوم بآخر غير مختوم تصل إشارة ضغط هوائية عبر الصمام H ، ثم عبر الصمام G ثم عبر المؤقت الهوائي لمدخل التحكم 14 للصمام C وتكرر دورة التشغيل من جديد وبعد انتهاء كل دورة تشغيل يقل العدد المحمل به العداد K بمقدار 1 ليصل فى النهاية إلى الصفر ، وتتوقف الوحدة ذاتياً ويمكن إعادة تشغيل الوحدة بتحميل العداد مباشرة بالوسيلة اليدوية الخاصة به ، أو بالضغط على ضاغط الصمام L لاستعادة العدد الذى سبق وأن حمل العداد به .

ويلاحظ أن الصمام اللارجعى الخائق E يقوم بتقليل سرعة الأسطوانة A عند تثبيت الوعاء وذلك بخنق هواء العادم.

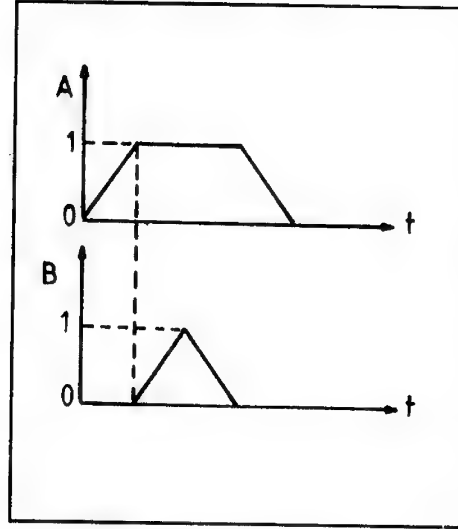
٤ - ٧ فريزة الخشب :

تستخدم فريزة الخشب فى ورش الموبيليا لعمل مجارى داخل الخشب وفى الشكل ٤ - ١٥ المخطط التكنولوجى لفريزة خشب تحتوى على أسطوانة للتثبيت، وأسطوانة للتغذية ، ومحرك كهربي لإدارة آلة القطع .



الشكل ٤ - ١٥

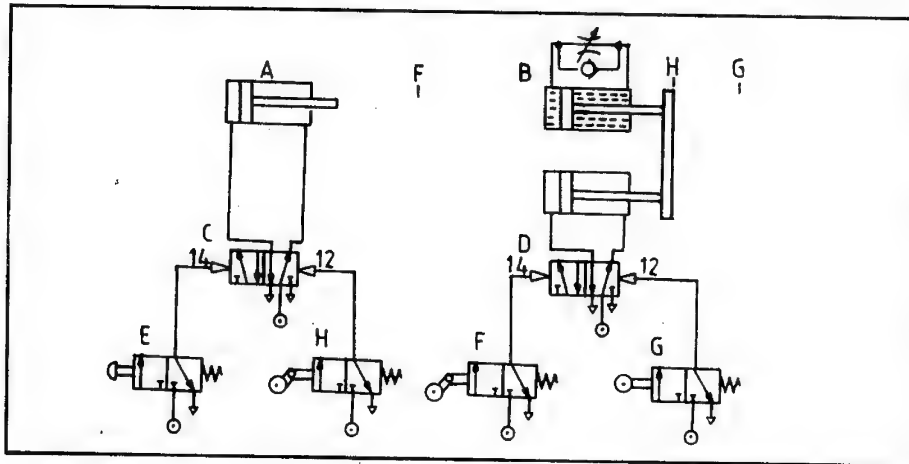
وفى الشكل ٤ - ١٦ مخطط الإزاحة الهوائى . Displacement Diagram . لفريزة الخشب .



الشكل ٤ - ١٦

شرح مخطط الإزاحة :

بمجرد النظر إلى مخطط الإزاحة نفهم أن تتابع التشغيل يكون كالآتي :
 A+ (تقدم الأسطوانة A) ثم B+ (أى تقدم الأسطوانة B) ثم B- (أى
 تراجع الأسطوانة B) ثم A- (أى تراجع الأسطوانة A) .
 وفى الشكل ٤ - ١٧ الدائرة الهوائية لفريزة الخشب :



الشكل ٤ - ١٧

محتويات الدائرة الهوائية :

| | |
|-----|---------------------------------|
| A | أسطوانة ثنائية الفعل . |
| B | أسطوانة هيدروليكية نيوماتيكية . |
| C,D | صمام 5/2 يعمل بإشارتي ضغط . |
| E | صمام 3/2 بضغوط يدوي وياى . |
| H,F | صمام 3/2 ببيكرة خاملة وياى . |
| G | صمام 3/2 ببيكرة وياى . |

نظرية التشغيل :

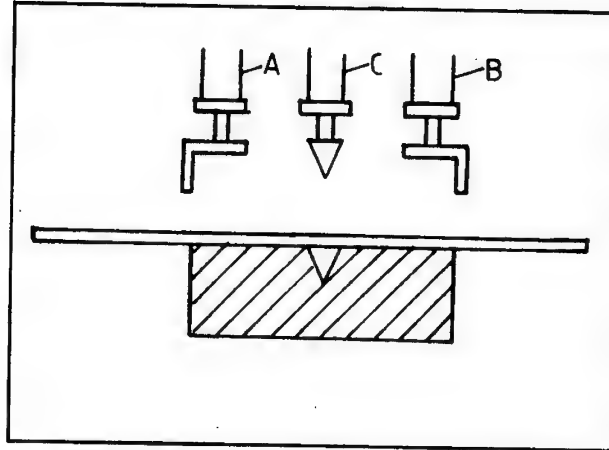
فى البداية يقوم المشغل بإدارة المحرك الكهربى الذى يدير آلة القطع ، وعند الضغط على الضاغط اليدوى للصمام E ، تصل إشارة هواء مضغوط لمدخل التحكم 14 للصمام C فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية المشوار F والذى يقوم بإمرار نبضة هواء مضغوط لوصلة التحكم 14 للصمام D فتتقدم الأسطوانة B ، للأمام ببطء شديد لتقوم آلة القطع بعمل قطع طولى فى لوح الخشب ، وعند انتهاء شوط الذهاب تضغط الكامرة المثبتة على عمود الدفع للأسطوانة B بكرة الصمام G فتصل نبضة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام D ، فتراجع الأسطوانة B للخلف بالسرعة العادية ، وعندما تصل الأسطوانة لنهاية شوط العودة تضغط الكامرة المثبتة على ذراع دفع الأسطوانة على بكرة الصمام H ، فتصل نبضة هواء مضغوط إلى مدخل التحكم 12 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة A للخلف وتحرر الشغلة .

ملاحظة :

لقد استخدم صمامان بيكرتين خاملتين F , H لمنع تواجد إشارتي ضغط على مدخلى التحكم 14 , 12 للصمام D ، أو الصمام C فى آن واحد لأن مثل هذه الحالة يجب أن تستبعد .

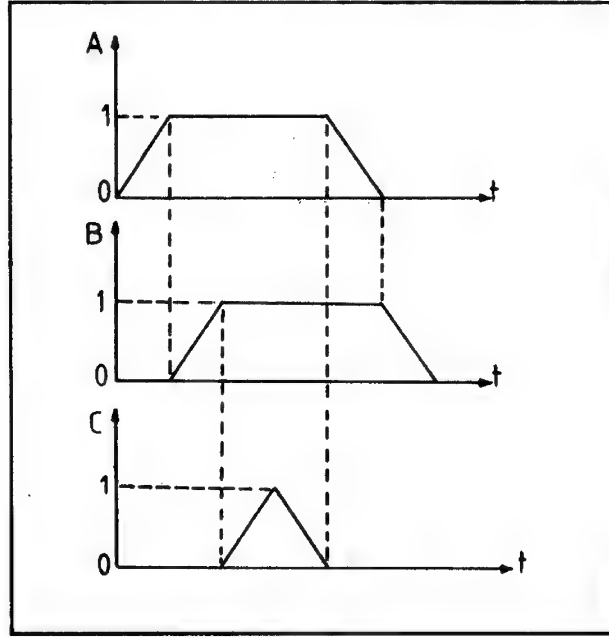
٤ - ٨ وحدة ثنى وثقب ألواح الصاج :

عادة فإن معظم العمليات الصناعية تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية ووحدة ثنى وثقب ألواح الصاج والتي نحن بصدددها هو نموذج مبسط لعملية صناعية تعاقبية (أى تتكون من مجموعة من المراحل المتتالية) وتحتوى هذه الوحدة على ثلاث أسطوانات A, B, C والمخطط التكنولوجى لهذه الوحدة مبين بالشكل ٤ - ١٨ .



الشكل ٤ - ١٨

وفي الشكل ٤ - ١٩ مخطط الإزاحة الهوائي لهذه الوحدة .



الشكل ٤ - ١٩

وكما هو واضح من مخطط الإزاحة أن تتابع التشغيل يكون من الشمال إلى اليمين كما يلي :

$$A+ B+ C+ C- A- B-$$

وفي الشكل ٤ - ٢٠ الدائرة الهوائية لتشغيل وحدة ثنى وقطع ألواح الصاج .
طريقة استنتاج الدائرة الهوائية للعمليات المتتابعة (المتعاقبة) :

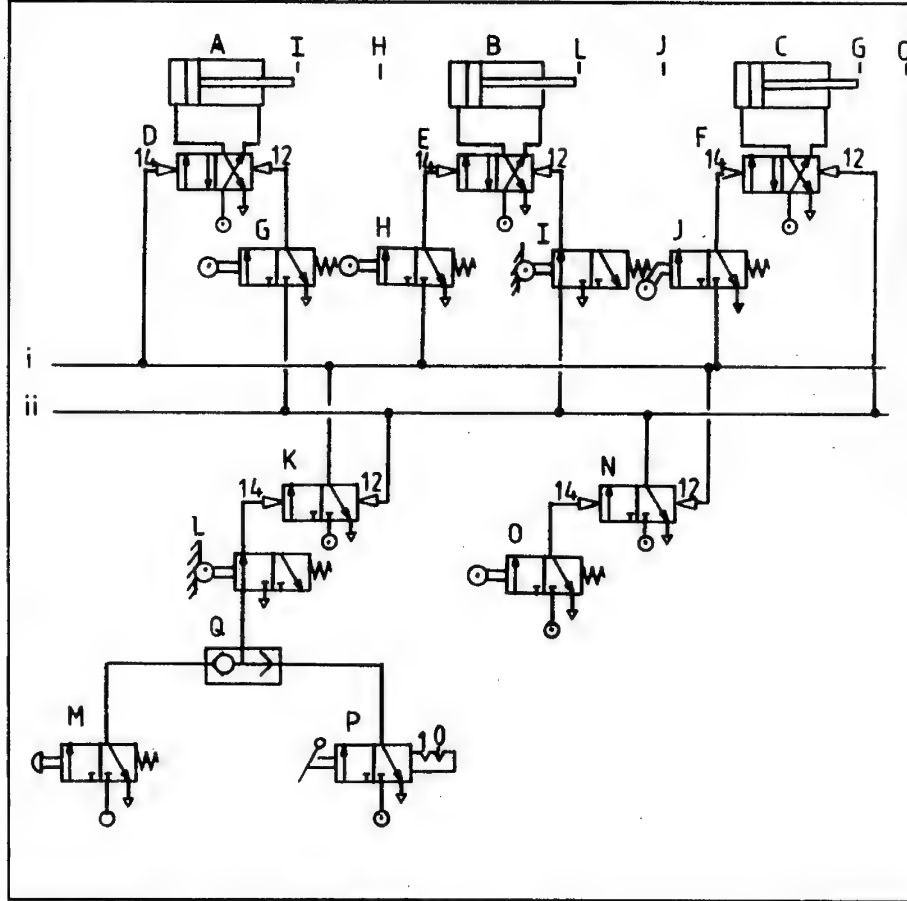
في البداية يتم تقسيم العملية الصناعية لأقل عدد من المجموعات بحيث لا تحتوي أى مجموعة على عمليتين متضادتين مثل $A+$ ، $A-$ أو $B+$ ، $B-$ وهكذا.

وفى العملية الصناعية التى نحن بصددھا قد تم تقسيمھا إلى مجموعتين وهما المجموعة i وتتكون من ثلاث حركات وهى (A+, B+, C+) والمجموعة II وتتكون من ثلاث حركات هى (C-, A-, B-). وفى العمليات المتتابعة فإن كل حركة تبدأ عند انتهاء الحركة السابقة لها ، فمثلاً عند انتهاء الحركة A+ أى وصول الأسطوانة A لمكان الصمام H تبدأ الحركة B+ وعند انتهاء هذه الحركة أى وصول الأسطوانة B لمكان الصمام J تبدأ الحركة C+ وهكذا .

وعادة توضع هذه المعلومات داخل جدول بالإضافة إلى مداخل التحكم الخاصة بالحركات المختلفة فمثلا الحركة A+ يتم التحكم فيها بواسطة مدخل التحكم رقم 14 للصمام D ويكتب D/14 وكذلك الحركة B+ يتم الحصول عليها عند وصول إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام E ويكتب E/14 وهكذا .

| المجموعة | i | | | ii | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|
| الحركة | A+ | B+ | C+ | C- | A- | B- |
| إشارة الانتهاء | H | J | O | G | I | L |
| مدخل التحكم | D/14 | E/14 | F/14 | F/12 | D/12 | E/12 |

وعادة يوصل مدخل التحكم لكل حركة مع خط المجموعة الخاصة بها من خلال صمام نهاية مشوار انتهاء الحركة السابقة ، ويستثنى من ذلك أول حركة من كل مجموعة . وبعد ذلك يخصص لكل مجموعة صمام 3/2 بإشارتى ضغط ، فمثلا الصمام k مخصص للمجموعة i ، والصمام N مخصص للمجموعة ii ويتم تشغيل صمام المجموعة الأولى K بإشارة ضغط من صمام



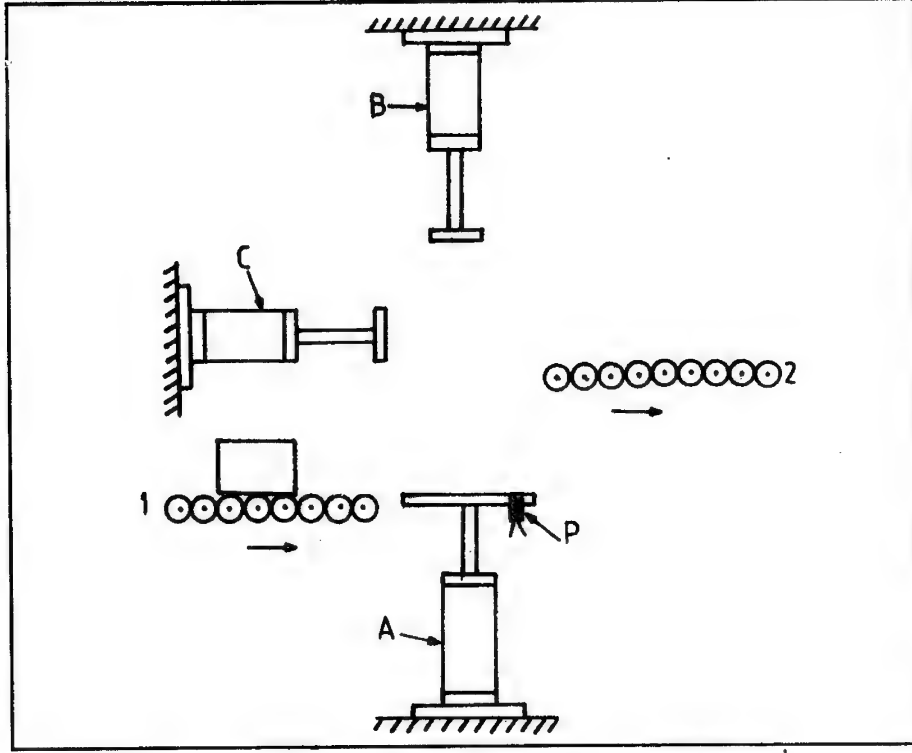
الشكل ٤ - ٢٠

نهاية مشوار الحركة الأخيرة في المجموعة الثانية وهو I . بينما يتم تشغيل صمام المجموعة الثانية N بإشارة ضغط من صمام نهاية مشوار الحركة الأخيرة في المجموعة الأولى وهو O . ويتم تحرير صمام المجموعة الأولى K بإشارة ضغط من خط المجموعة الثانية ii ، بينما يتم تحرير صمام المجموعة الثانية بإشارة ضغط من خط المجموعة الأولى i وهكذا . وبعد ذلك يحدد نوع التشغيل هل مرة واحدة أو متكرر ؟ فإذا كان مرة واحدة يخصص صمام 3/2 بضابط وياى لبدء المجموعة الأولى وهو M ، وإذا كان متكرراً يخصص صمام 3/2 بذراع تشغيل لبدء المجموعة

الأولى وهو p ، وإذا كان كلاهما تستخدم بوابة أو هي Q . ويراعى استخدام صمامات نهاية مشوار ببيكرات خاملة إذا كانت الحركة الأخيرة لإحدى المجموعات معاكسة للحركة الأولى للمجموعة التالية لها ففي هذا المثال فإن الحركة الأخيرة للمجموعة الأولى كانت $c +$ والحركة الأولى للمجموعة الثانية كانت $c -$ لذلك يستخدم صمام نهاية مشوار بيكرت خاملة يعطى إشارة الانتهاء للحركة السابقة للحركتين $c -$ ، $c +$ وهو J .

نظرية التشغيل :

عند الضغط على الضاغط اليدوي للصمام M تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 14 للصمام K (وذلك مروراً بالبوابة Q وصمام نهاية المشوار L) وينشأ عن ذلك إشارة ضغط لخط التحكم A ، ومن ثم لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لنهاية المشوار H ، فتصل إشارة ضغط لوصلة التحكم 14 للصمام E (وذلك مروراً بصمام نهاية المشوار H) فتتقدم الأسطوانة B وصولاً لصمام نهاية المشوار ذات البكرة الخاملة J فتصل نبضة ضغط عبر هذا الصمام لمدخل التحكم 14 للصمام F ، فتتقدم الأسطوانة C للأمام وصولاً لصمام نهاية المشوار O فتصل إشارة ضغط عبر هذا الصمام لمدخل التحكم 14 للصمام N ، فتصل إشارة ضغط لخط التحكم II ، وتباعاً تصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام K فتتقطع إشارة الضغط عن خط التحكم I وفي هذه اللحظة تصل إشارة ضغط من خط التحكم ii إلى مدخل التحكم 12 للصمام F فتتراجع الأسطوانة C وصولاً لصمام نهاية المشوار G فتصل إشارة ضغط لمدخل التحكم 12 للصمام D (وذلك عبر الصمام G) فتتراجع الأسطوانة A وصولاً لصمام نهاية المشوار I فتصل إشارة ضغط عبره لمدخل التحكم 12 للصمام E فتتراجع الأسطوانة B وحينئذ تتوقف دورة التشغيل بعد انتهائها ويمكن تكرار دورة التشغيل مرة أخرى وذلك بالضغط على الضاغط اليدوي للصمام M أو بوضع ذراع تشغيل الصمام P على وضع 1 للحصول على تشغيل متكرر .



الشكل ٤ - ٢١

٤-٩ وحدة ختم الصناديق البريدية :

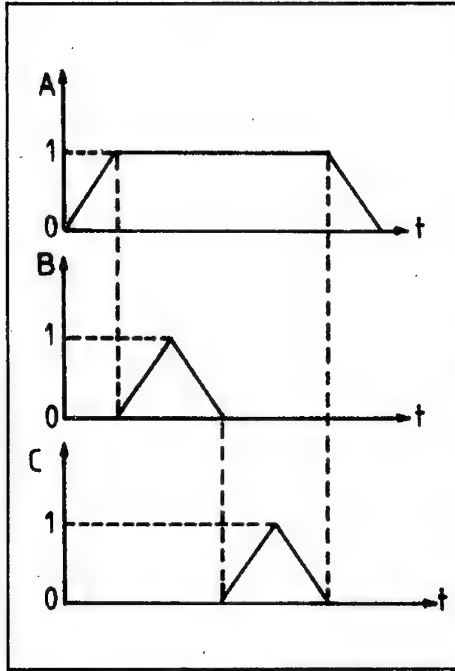
تتكون هذه الوحدة من ثلاث أسطوانات وهي كالآتي :

الأسطوانة A للرفع ، والأسطوانة B للختم ، والأسطوانة C للدفع على السير الثاني ، والمخطط التكنولوجي لهذه الوحدة موضح بالشكل ٤ - ٢١ .

أما الشكل ٤-٢٢ فيبين مخطط الإزاحة لهذه الوحدة .

وكما هو واضح من مخطط الإزاحة أنه لنقل الصندوق من مستوى السير 1 إلى مستوى السير 2 يتم ذلك في ست مراحل وهي كالآتي :

A+ أي تقدم الأسطوانة A ثم B+ أي تقدم الأسطوانة B ، ثم B- ، أي تراجع الأسطوانة B ثم C+ أي تقدم الأسطوانة C ثم C- ، أي تراجع الأسطوانة C ثم A-



أي تراجع الأسطوانة A ويكون تتابع التشغيل من الشمال لليمين على النحو التالي :

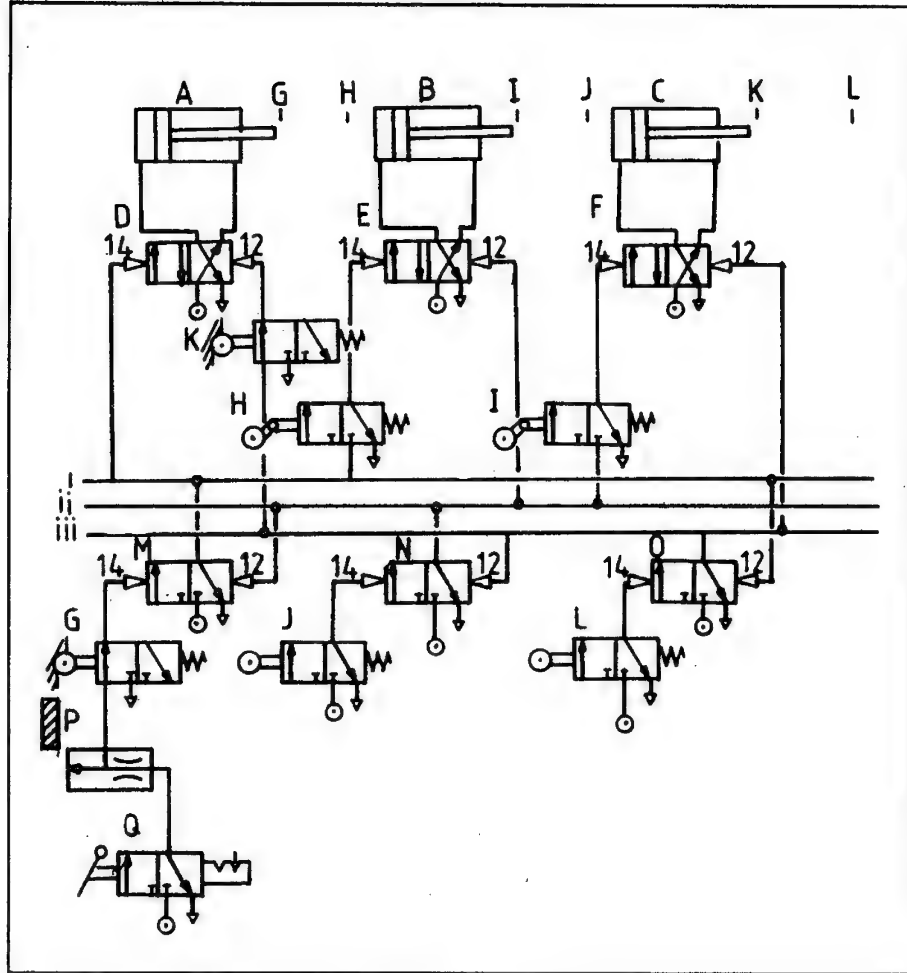
A+ , B+ , B- , C+ , C- , A-

فإذا خصصنا الصمامات D, E, F, لتكون صمامات التحكم في الحركات المختلفة وخصصنا صمامات نهاية المشوار G, H, I, J, K, L كصمامات نهاية مشوار الحركات الست فيكون جدول التخصيص على النحو التالي :

الشكل ٤ - ٢٢

| المجموعة | i | | ii | | iii | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|
| الحركة | A+ | B+ | B- | C+ | C- | A- |
| إشارة الانتهاء | H | J | I | L | K | G |
| وصلة التحكم | D/14 | E/14 | E/12 | F/14 | F/12 | D/12 |

وفي الشكل ٤-٢٣ المخطط الهوائي والمستنتج بنفس الطريقة المشروحة في المثال السابق .



الشكل ٤ - ٢٣

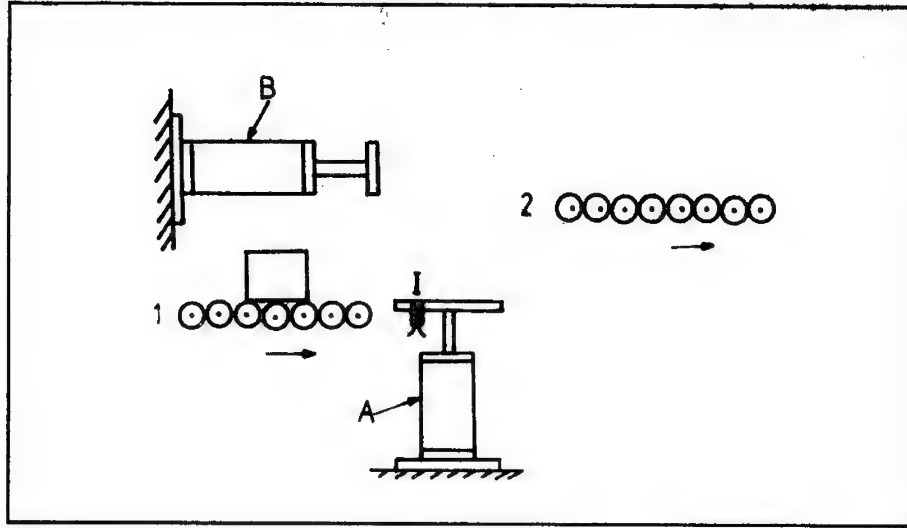
ملاحظات :

- مجس الضغط الخلفي P يعمل عند وصول صندوق فوق منضدة الرفع .
- الصمام Q يستخدم في التحكم في تشغيل أو إيقاف الوحدة .
- الصمام I ببيكرة خاملة لمنع وصول إشارتي ضغط للصمام F في آن واحد

وكذلك الصمام H بكرة خاملة لمنع وصول إشارتي ضغط للصمام E في آن واحد .

١٠-٤ وحدة رفع الصناديق :

الشكل ٢٤-٤ يعرض المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة والتي تتكون من عدد 2 سير وأسطوانتين ، وتعمل هذه الوحدة على رفع الصناديق التي تصل إلى منضدة الرفع لمستوى السير 2 . ثم دفعها على السير 2 .

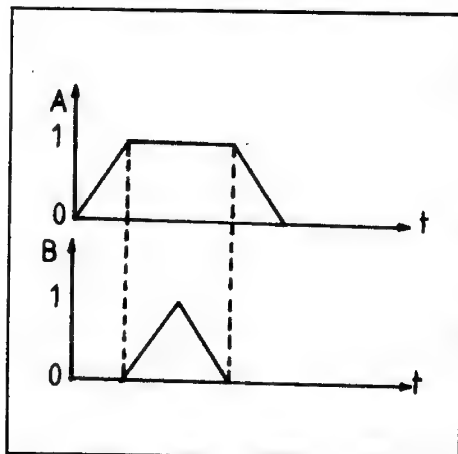


الشكل ٢٤ - ٤

ويستخدم مجس تقاربي من النوع ذي الضغط الخلفي للإحساس بوصول صندوق على منضدة الرفع . وفي الشكل ٢٥-٤ مخطط الإزاحة لهذه الوحدة . وفيما يلي تتابع التشغيل المستنتج من مخطط الإزاحة من اليسار إلى اليمين .

A+ , B+ , B- , A-

وتتم عملية رفع الصناديق من السير 1 إلى السير 2 على النحو التالي : عند



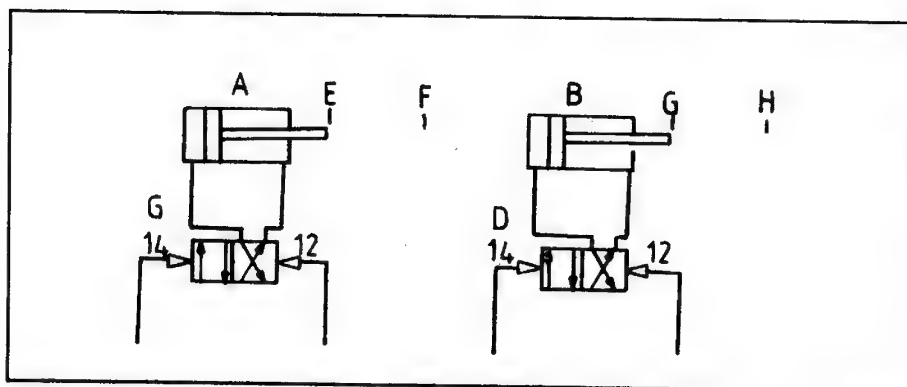
الشكل ٤ - ٢٥

وصول صندوق من السير 1 لطاولة
رفع الصناديق تتقدم الأسطوانة A لرفع
الصندوق لمستوى السير 2 وبعد ذلك
تتقدم B لدفع الصندوق من على
الطاولة إلى السير 2 ثم تتراجع للخلف
بعد ذلك . وأخيراً تتراجع الأسطوانة A
وتتكرر دورة التشغيل السابقة كلما
وصل صندوق لطاولة الرفع.

طريقة استنتاج الدائرة الهوائية باستخدام الموديولات المنطقية :

عادة نختار عدد موديولات الذاكرة يساوي عدد الحركات بالإضافة إلى
موديول بداية وموديول نهاية .

ففي هذا المثال سنستخدم عدد 4 موديول ذاكرة وموديول بداية وموديول
نهاية. وفي البداية ترسم الأسطوانات وصمامات التحكم حتى يسهل استنتاج
جدول التخصيص وهذا موضح بالشكل ٤-٢٦ .



الشكل ٤ - ٢٦

وفيما يلي جدول التخصيص :

| رقم الموديول | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------------|
| نوع الموديول | بدء | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | نهاية |
| مدخل الموديول | المصدر | وسيلة البدء | F | H | G | E |
| مخرج الموديول | — | C/14 | D/14 | D/12 | C/12 | وسيلة البدء |
| الحركة المستنتجة | — | A+ | B+ | B- | A- | — |

حيث إن :

- مدخل موديول البدء هو مصدر الضغط بينما مدخل باقي الموديولات هو صمام نهاية المشوار الخاص بنهاية الحركة السابقة عدا موديول الذاكرة الأول فيوصل بوسيلة بدء التشغيل اليدوية .

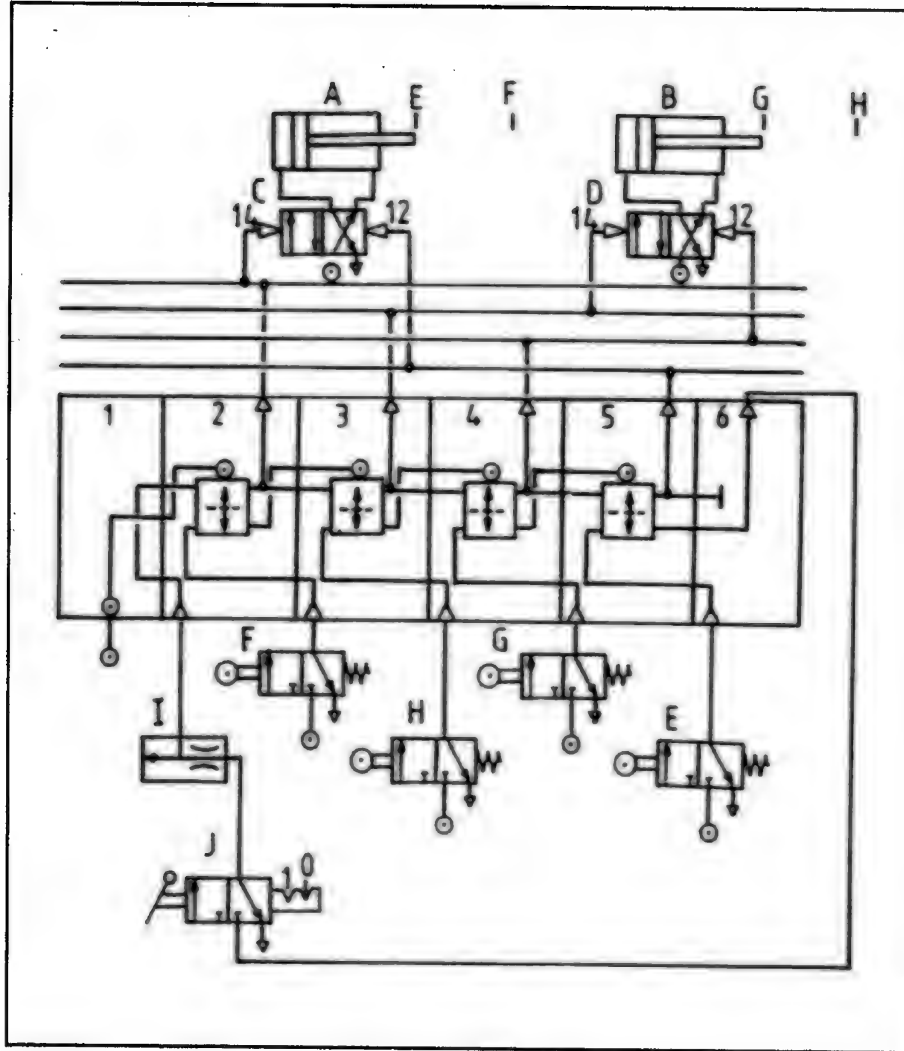
- ومخرج موديول المخرج هو وسيلة بدء التشغيل اليدوية ومخرج كل موديول ذاكرة هو مدخل التحكم للصمام الخاص بالحركة المطلوبة .

وفي الشكل ٤-٢٧ الدائرة الهوائية للتحكم في وحدة رفع الصناديق مستخدماً الموديولات المنطقية الهوائية .

نظرية التشغيل :

في البداية يوضع ذراع تشغيل الصمام 1 على وضع 1 ، ويكون الصمام E في وضع التشغيل الأيسر له نتيجة لانضغاط بكرته بفعل الكامة المثبتة في ذراع الأسطوانة A . وعند وصول صندوق لطاولة الرفع يرتد الضغط من المجلس I فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 2 ، فيخرج ضغط من موديول الذاكرة 2 لتصل

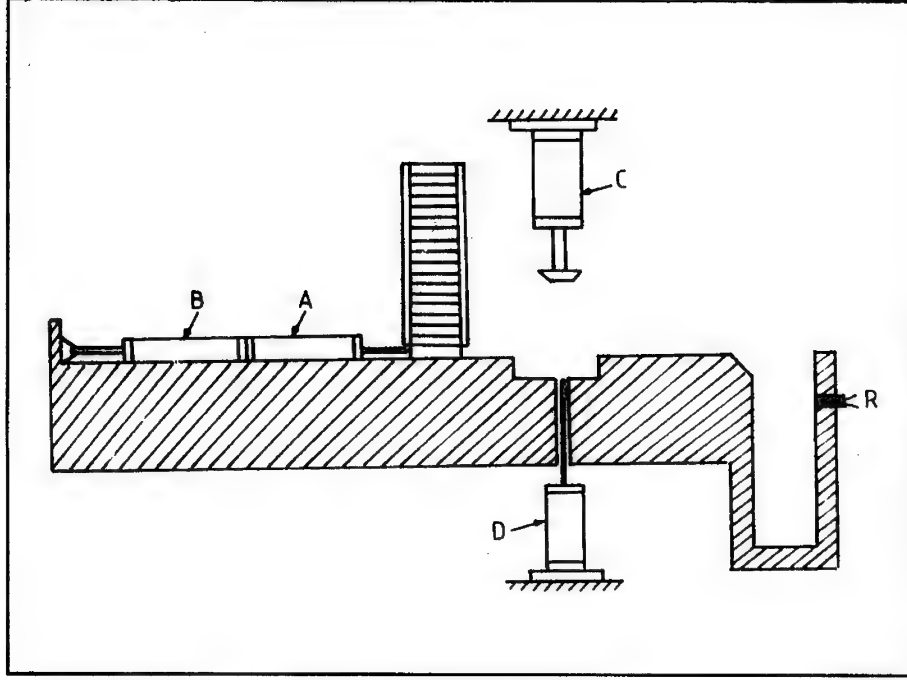
لمدخل التحكم 14 للصمام C ، فتتقدم الأسطوانة A للأمام وصولاً لمكان صمام نهاية المشوار F ، فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 3 فتخرج إشارة ضغط من مخرج هذا الموديول لتصل لمدخل التحكم 14 للصمام D ، فتتقدم الأسطوانة B للأمام وصولاً لصمام نهاية المشوار H فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 4 ، وتبعاً تخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتصل إلى مدخل التحكم 12 للصمام D فتراجع الأسطوانة B للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار G فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 5 فتخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتصل لمدخل التحكم 12 للصمام C ، فتراجع الأسطوانة A للخلف وصولاً لصمام نهاية المشوار E فتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 6 فتخرج إشارة ضغط من هذا الموديول لتمر خلال صمام التشغيل J ، وتصل إلى مدخل المجس التقاربي ذى الضغط الخلفي I وبمجرد وصول صندوق إلى طاولة الرفع يرتد الضغط من المجس I لتصل إشارة ضغط لمدخل الموديول 2 وتكرر دورة التشغيل من جديد وهكذا .



الشكل ٤ - ٢٧

٤-١١ وحدة سك العملات المعدنية :

الشكل ٤-٢٨ يبين المخطط التكنولوجي لهذه الوحدة .



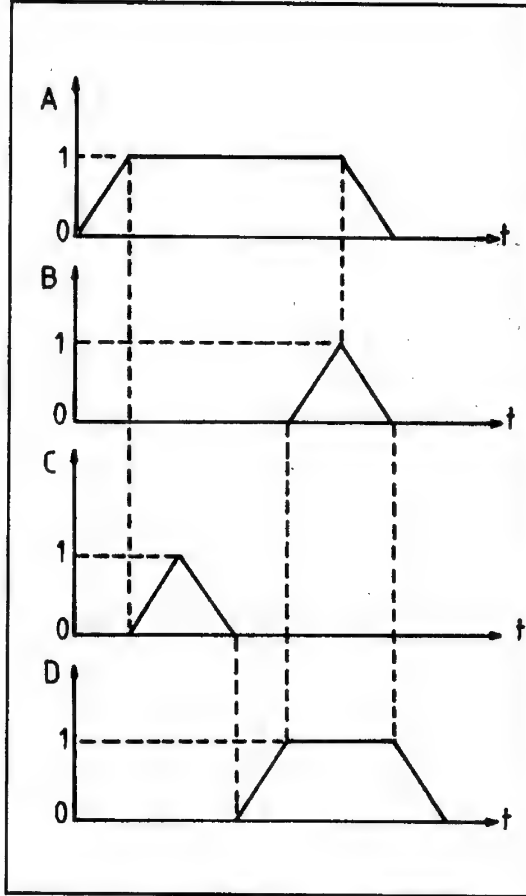
الشكل ٤ - ٢٨

أما الشكل ٤-٢٩ فيبين مخطط الإزاحة لهذه الوحدة .
ومن مخطط الإزاحة نستنتج أن تتابع التشغيل من اليسار إلى اليمين يكون
على النحو التالي :

A+ , C+ , C- , D+ , B+ , B- , D- , A-

وتتم عملية سك العملات المعدنية بالطريقة التالية :

- تقدم الأسطوانة A لدفع العملة المعدنية من مخزن العملات .
- تقدم الأسطوانة C لسك العملة .
- تراجع الأسطوانة C .
- تقدم الأسطوانة D لدفع العملة المسكوكة من مكان الثبيت .



- تقدم الأسطوانة B المثبتة مع الأسطوانة A لدفع العملة المسكوكة في السلة .

- تراجع الأسطوانتين B, A معاً .

- تراجع الأسطوانة D .

علماً بأن سلة العملات المعدنية المسكوكة تحتوي على مجس تقاربي ذي ضغط عكسي يقوم بإيقاف الوحدة عند امتلاء السلة .

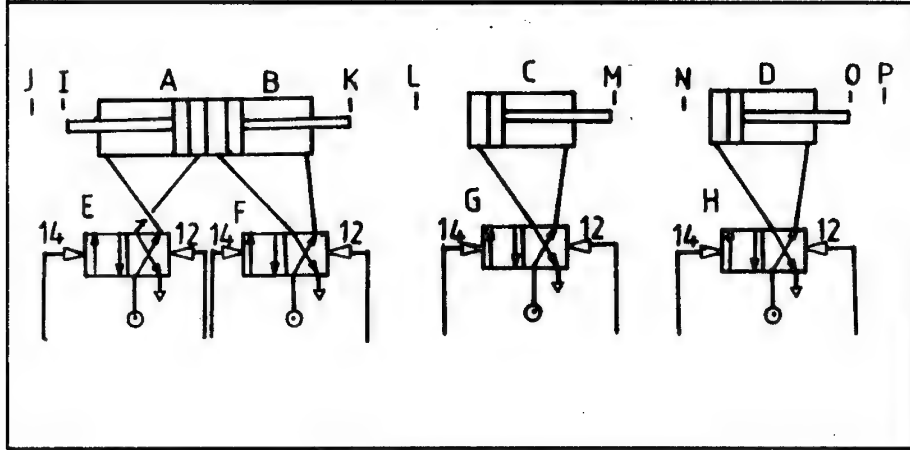
طريقة استنتاج الدائرة الهوائية باستخدام .

الشكل ٤ - ٢٩

الموديولات المنطقية :

تختار عدد موديولات الذاكرة تساوي عدد المراحل أي 7 موديولات ، بالإضافة إلى موديول بداية وموديول نهاية ، ويضاف إلى ذلك موديول بوابة (و) لأن المرحلة السادسة تتكون من حركتين هما : A- , B- . وعادة توضع هذه البوابة بعد موديول الذاكرة الخاص بهذه المرحلة .

في البداية نرسم الأسطوانات وصمامات التحكم كما بالشكل ٤-٣٠ .



الشكل ٤ - ٣٠

ثم بعد ذلك نستنتج جدول التخصيص من مخطط الأسطوانات وصمامات التحكم كما يلي :

| رقم الموديول | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------------|
| نوع الموديول | بداية | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | ذاكرة | نهاية |
| مدخل الموديول | المصدر | وسيلة البدء | J | N | M | P | L | K | I | O |
| مخرج الموديول | — | E/14 | G/14 | G/12 | H/14 | F/14 | F/12
E/12 | — | H/12 | وسيلة البدء |
| الحركة المستنتجة | — | A+ | C+ | C- | D+ | B+ | B-
A- | — | D- | — |

حيث إن:

- مدخل موديول البداية هو مصدر الضغط .
- مدخل باقي الموديولات هو صمام نهاية المشوار الخاص بنهاية الحركة

السابقة عدا موديول الذاكرة الأول فيوصل بوسيلة بدء التشغيل اليدوية .

- مخرج موديول البداية غير موجود .

- مخرج موديول النهاية هي وسيلة بدء التشغيل اليدوية .

- مخرج موديول بوابة و غير مستخدم .

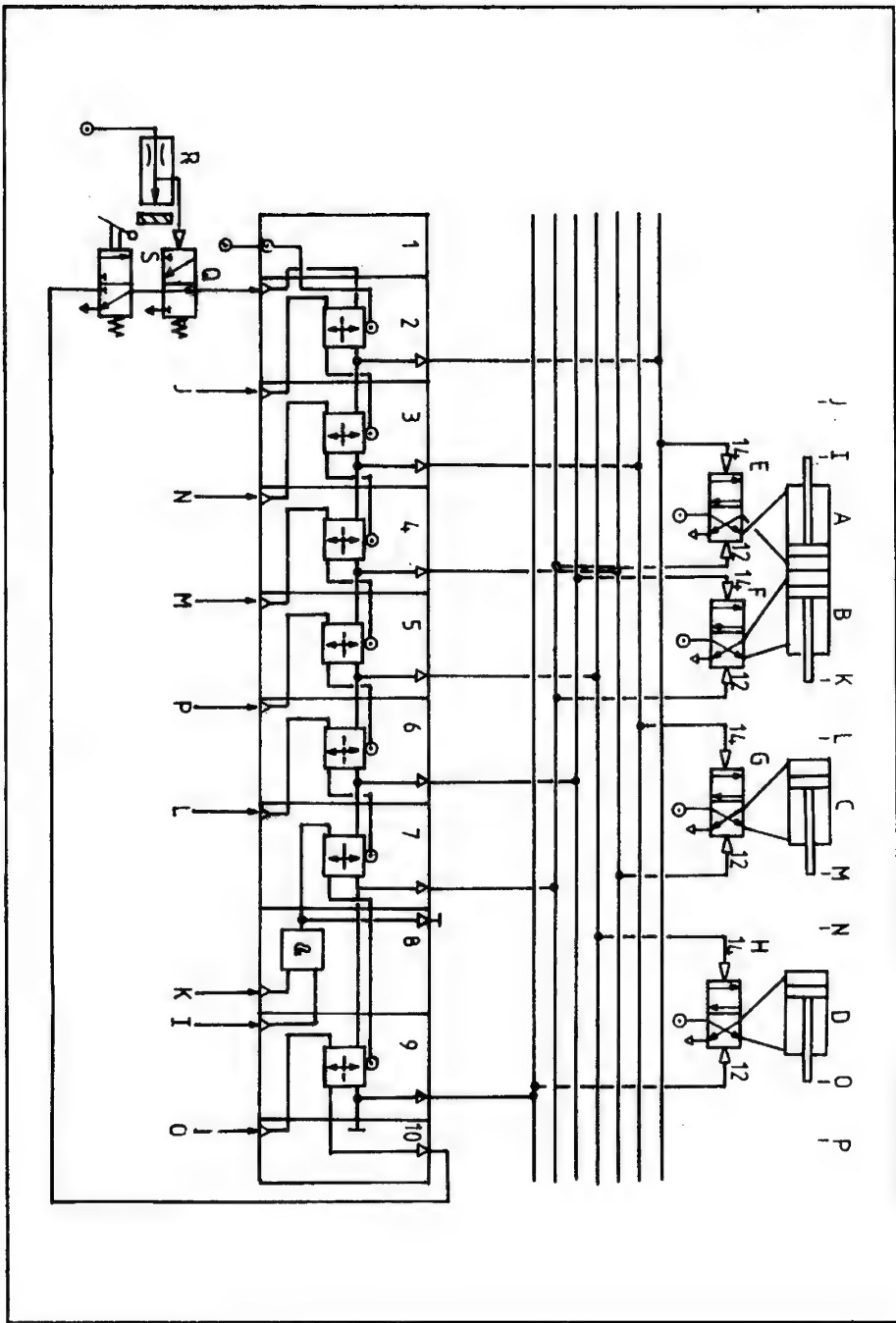
- مخرج موديول الذاكرة هو مدخل التحكم للصمام الخاص بالحركة المطلوبة .

وفي الشكل ٤-٣١ الدائرة الهوائية للتحكم في وحدة سك العملات المعدنية مستخدماً الموديولات المنطقية .

ملاحظات :

- المجس التقاربي ذو الضغط الخلفي R يقوم بإيقاف الوحدة عند امتلاء السلة بالعملات المعدنية ، لذلك استخدم الصمام الاتجاهي 3/2 بإشارة ضغط Q لتحقيق ذلك مع المجس R .

- الصمام S هو صمام 3/2 بذراع تشغيل للتحكم في تشغيل وإيقاف الوحدة .



الشكل ٤ - ٣١

الباب الخامس

الصيانة الوقائية واكتشاف الأعطال

٥-١ الصيانة الوقائية :

عادة لا تنتظر حدوث المشاكل في الأنظمة النيوماتيكية للبدء في عمل الإصلاحات والصيانات اللازمة ، ولكن هناك برنامج صيانة وقائي يقوم على تنفيذه فريق الصيانة لأي مصنع أو معدة نيوماتيكية . وتقوم الصيانة الوقائية بالتقليل من أوقات التوقف الجبري وكذلك تمنع حدوث التسربات الهوائية والتي تضيق الكثير من الأموال هباء . وعادة يفضل تخصيص بعض الأشخاص المدربين على صيانة الأجهزة النيوماتيكية لهذا الغرض ويجب تحميل هؤلاء الأشخاص بمسئولية الصيانة وإلا سيؤدي ذلك إلى انهيار النظام بأكمله .

وهناك قائمة اختبارات زمنية متبعة لعمل الصيانة الوقائية ويستعان عادة بتعليمات الشركات المصنعة لإجراء الصيانة اللازمة .

ويمكن تقسيم الأعمال المتبعة في الصيانة الدورية إلى :

أ - الصيانة اليومية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ - تصريف المتكاثف من المرشحات وفواصل الماء .

٢ - اختبار مستوى الزيت في المزيتة فيجب أن يكون مستوى الزيت بين المستوى الأدنى والمستوى الأعلى مع استخدام نفس الزيت عند إعادة الملء .

٣ - تزيت نقاط التزيت في الأجهزة المستخدمة مستخدماً نفس الزيت

المنصوص عليه في تعليمات الشركة المصنعة .

٤ - أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

ب - الصيانة الأسبوعية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ - نظافة وفحص عناصر تشغيل الصمامات مثل البكرات وأذرع التشغيل .. إلخ واستبدال التالف منها .

٢ - فحص جميع الخطوط الهوائية واستبدال التالف منها .

٣ - فحص جميع الأدوات المستخدمة في الخطوط الهوائية وإحكام رباط الأدوات المفكوكة .

٤ - اختبار أجهزة قياس الضغط الموجودة في وحدة الخدمة .

٥ - اختبار وظيفة المزيتات بالتأكد من سقوط 5 نقاط زيت في الدقيقة مع ضبط هذه القيمة بمسمار الضبط .

٦ - أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

ج - الصيانة الشهرية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ - فحص التسربات في جميع اللواكيز ذات المسامير ، وإصلاح واستبدال التالف منها .

٢ - فحص التسربات في الصمامات الاتجاهية خصوصاً في الوضع الابتدائي .

٣ - تنظيف المرشحات وغسل قلب هذه المرشحات بالكيروسين ونفخه بالهواء المضغوط في عكس اتجاه تدفق الهواء فيه .

٤ - فحص وصلات الأسطوانات مع إحكام رباطها وتغيير وسائل منع

التسريب إذا لزم الأمر .

٥ - فحص الصمامات ذات العوامة (صمامات التصريف الأوتوماتيكية)
Automatic Drains للوصول للأداء الطبيعي بدون تسريب للهواء المضغوط .

٦ - أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

د - الصيانة النصف سنوية ويندرج تحتها الأعمال الآتية :

١ - فحص مكابس الأسطوانات ووسائل منع التسريب لها مع تغيير التالف عند الضرورة .

٢ - فحص كواتم الصوت واستبدال التالف منها (المكتوم تماماً) .

٣ - أعمال أخرى منصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة .

٥-١-١ صيانة ضواغط الهواء ومرفقاتها :

يجب عمل صيانة لضواغط الهواء الخاصة بالنظام النيوماتيكي تبعاً للأعمال المنصوص عليها في تعليمات الشركات المصنعة ، حيث تتغير هذه الأعمال من شركة لأخرى ، ومن ضاغط لآخر . وفي الجدول ٥-١ نقاط الصيانة في الضواغط الترددية .

الجدول ٥ - ١

| العنصر | الفترة الزمنية | الصيانة المتبعة |
|--------------------|----------------|---|
| - مرشح هواء المدخل | - كل أسبوعين | - التنظيف . |
| - نظام التبريد | - باستمرار | - قياس درجة حرارة الماء الداخل والخارج . |
| | - عند الضرورة | - نظافة مداخل الماء في أنظمة التبريد بالماء . |

تابع الجدول ٥ - ١

| الفترة الزمنية | الفترة الزمنية | الصيانة المتبعة |
|-----------------|--|--|
| - الزيت | - على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة | - فحص مستوى الزيت .
- تغيير الزيت . |
| - كراسى المحور | - على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة | - فحص التآكل والضغط والاستبدال عند الضرورة |
| - صمام التصريف | - شهرياً | - فحص صمام تصريف المبرد البيئي . |
| - صمامات الأمان | - على فترات محددة من قبل الشركة المصنعة أو بالخبرة | - الفحص والنظافة . |
| - شتاير المكابس | - سنوياً | - الفحص والاستبدال إن لزم الأمر . |

وفي الجدول ٥ - ٢ فترات تغيير الزيت للأنواع المختلفة للضواغط الترددية :

الجدول ٥ - ٢

| نوع الضاغط | ظروف التشغيل | فترات التغيير |
|------------|--|---|
| ثابت | التشغيل لأول مرة
بيئة نظيفة
بيئة قذرة | بعد مائة ساعة .
ست شهور أو ألفى ساعة تشغيل
ثلاث شهور أو ألف ساعة تشغيل . |
| محمول | التشغيل لأول مرة
بيئة متوسطة النظافة
بيئة قذرة
بيئة قذرة جداً | بعد خمسين ساعة .
شهر واحد أو خمسمائة ساعة .
أسبوعان أو 250 ساعة .
أسبوع واحد أو 100 ساعة . |

وفي الجدول ٥ - ٣ نقاط الصيانة للضواغط الدوارة .

الجدول ٥ - ٣

| العنصر | الفترة الزمنية | الصيانة المتبعة |
|----------------------|-----------------|--|
| - المحرك الكهربى | - عند الضرورة . | - تنظيف وفحص تأكل كراسى المحور والخلوصات . |
| - الوصلة الميكانيكية | - عند الضرورة . | - تنظيف وفحص الوصلة والاستبدال إذا لزم الأمر . |
| - الغلاف الخارجى | - عند الضرورة . | - فكه وفحص الصدأ والتآكل . |

تابع الجدول ٥ - ٣

| العنصر | الفترة الزمنية | الصيانة المتبعة |
|-------------------------|-----------------|---|
| - موانع تسريب
العمود | - عند الضرورة . | - فحص سلامة موانع التسريب
بمراقبة التسريب . |
| - الحاكم | - عند الضرورة . | - التنظيف وفحص التآكل والضبط
وتغيير الأجزاء المتآكلة . |
| - أجهزة القياس | - عند الضرورة . | - اختبار هذه الأجهزة والتأكد من
صحة قراءتها والتغيير عند الضرورة |

٥ - ١ - ٢ صيانة وحدات الخدمة وصمامات التصريف والخطوط الهوائية .

هناك فترات زمنية مجدولة لفحص صمامات التصريف ومسايد الرطوبة وفواصل الماء يتم تحديدها بناء على توصيات الشركات المصنعة . ويجب أن تأخذ مرشحات وفواصل الماء في وحدات الخدمة رعاية خاصة ، حيث إن مستوى الماء يكون مرئياً داخل زجاجة المرشح ويجب عمل نظافة دورية للمرشحات وفواصل الماء بغض النظر عن نوعية التصريف يدوية كانت أو أوتوماتيكية .

وتعتمد هذه الفترة الزمنية على قذارة النظام فهناك بعض المرشحات يمكن تنظيف حشوها بسهولة بواسطة الهواء المضغوط ، وهناك أنواع أخرى تحتاج لطرق خاصة تعرف من توصيات الشركات المصنعة .

ويجب تغيير حشو المرشح الذى يتلف عند التنظيف بآخر جديد . وتعتبر المرشحات المسدودة هى العامل الرئيسى لانخفاض الضغط عند الماكينات ، وأيضاً فإن تسريب الهواء عند الوصلات المرنة هو السبب الآخر لانخفاض الضغط ويؤدى انخفاض الضغط إلى تغير أداء الآلة . وعند حدوث تسريب فى النظام يجب اختبار أدوات التوصيل وتشديد رباطها ، وبعد ذلك تختبر الخطوط المرنة (الخراطيم) ويجب ألا يزيد انخفاض الضغط عن خزان الضغط عند وحدة الخدمة للآلة عن (0.35 bar 0.2 %) ، وفى بعض التركيبات ينصح بـ 10% تزييد عن ضغط من ضواغط التشغيل .

كما أن الانخفاض الشديد فى الضغط يؤدى ليس فقط لتغيير أداء الآلة ، بل أيضاً يؤدى لفقد كثير من الأموال إذا كان نتيجة للتسريب .

ويحدث عادة التسريب عند صمامات التصريف حيث تفتح هذه الصمامات نتيجة لتجمع بعض القاذورات بداخلها .

ويجب أيضاً أن تأخذ المزيتات رعاية خاصة بصفة دورية لضمان استمرارية تزييت الهواء ، ويجب اختبار معدل حقن الزيت فى الهواء المضغوط (يجب أن تكون خمس نقاط فى الدقيقة) والتأكد من أن مستوى الزيت أعلى من المستوى الأدنى وأقل من المستوى الأعلى فى إناء المزيتة ، وعادة تستخدم زيوت خفيفة فى المزيتات لها لزوجة تتراوح ما بين 9: 11 mm²/s (cst) (سنتى ستوك) وذلك عند درجة حرارة 40 درجة مئوية .

وفيما يلى بعض هذه الزيوت :

1- Festo special oil .

2 - Avid Avilub Rsl 10 .

3 - Esso Spinesso 10 .

4 - Shell Tellus OL c10 .

5 - Mobil DTE 21 .

6 - Blaser Blasol 154 .

أما الخطوط الهوائية فهناك بعض الظواهر التي تدل على مشكلة ما فيها
مثل :

١ - ارتخاء المواسير الهوائية بفعل الثقل لحاجتها لتثبيت مناسب باستخدام
قفيزين للتثبيت . والجدول ٥ - ٤ يبين المسافة القصوى بين كل قفيزين
متتاليين عند التمديد الرأسى والتمديد الأفقى لمواسير الصلب .

الجدول ٥ - ٤

| أقصى مسافة بينية
عند التمديد الأفقى
. m | أقصى مسافة بينية
عند التمديد الرأسى
m | القطر الداخلى
للماسورة mm |
|---|---|------------------------------|
| 1.0 | 1.25 | 8 |
| 1.0 | 1.25 | 10 |
| 1.25 | 1.75 | 15 |
| 1.75 | 2.50 | 20 |
| 1.75 | 2.70 | 25 |
| 2.50 | 3.00 | 32 |
| 2.50 | 3.00 | 40 |
| 2.75 | 3.00 | 50 |
| 3.00 | 3.50 | 65 |
| 3.00 | 3.50 | 100 |
| 3.50 | 4.25 | 150 |
| 4.25 | 4.50 | 200 |
| 4.87 | 5.48 | 300 |
| 4.87 | 5.48 | أكبر من 300 |

٢ - ارتجاج عند انحناءات المواسير نتيجة لعدم التثبيت الجيد ، وينتج هذا الارتجاج من قفزات الضغط أثناء تشغيل الصمامات الاتجاهية .

٣ - تشويه المواسير نتيجة لحركة التمدد والانكماش والتي يجب معادلتها بواسطة وصلات التمدد .

ويجب عمل اختبار تسرب الهواء المضغوط مرة على الأقل كل سنة ويتم اختيار التسرب على النحو التالي :

أ- أدر الضاغط يدوياً مع فصل جميع الأحمال وصولاً لضغط التشغيل (p1) حينئذ افصل الضاغط .

ب - انتظر حتى ينخفض الضغط نتيجة للتسربات إلى p2 وسجل الزمن المنقضى وليكن (tsec) .

ج - أعد تشغيل الضاغط وصولاً لضغط P1 ثم سجل الزمن المنقضى وليكن (Tsec) حينئذ افصل الضاغط .

د - كرر عملية تشغيل الضاغط وإيقافه أربع مرات على الأقل ، ثم احسب متوسط زمن إيقاف الضاغط t ، وكذلك متوسط زمن تشغيل الضاغط T .

هـ - استخدم العلاقة التالية : لتعيين النسبة المئوية للتسرب .

$$VL \% = \frac{T}{T + t} \times 100$$

ويفضل أن يكون هذا الاختبار في الليل ، فإذا كان التسرب أكبر من 10% فإنه يجب البحث عن مكان التسرب ومعالجته ، بأسرع ما يمكن ، ويتم ذلك بدهان جميع اللواكيز والوصلات المختلفة بماء الصابون .

٥ - ١ - ٣ صيانة الأسطوانات الهوائية وصمامات التحكم :

ينصح باستخدام وحدة خدمة لكل معدة نيوماتيكية لأن الهواء الجاف والنظيف يحافظ على العناصر الهوائية بدون تلف لفترة طويلة ، ويقلل من أعمال الصيانة اللازمة وعادة ينصح بتوفير قطع غيار للأجزاء القابلة للتآكل والتي يمكن معرفتها من رسومات قطع الغيار الخاصة بالعناصر الهوائية (أسطوانات هوائية وصمامات تحكم) وذلك من كتالوجات الشركات المصنعة حيث يرفق مع هذه الرسومات جداول بالأجزاء المكونة لهذه العناصر موضحاً فيها الأجزاء القابلة للتآكل .

وهناك عامل هام لتلف الأسطوانات الهوائية وهو طريقة التثبيت الغير صحيحة والذي يؤدي إلى حدوث قوى عرضية تؤدي للتآكل السريع للأجزاء الداخلية للأسطوانات مما يؤدي لتغيير الأسطوانة كلياً .

لذلك يجب التأكد من استقامة محور الأسطوانة مع محور الحمل . ويجب من حين لآخر فحص اللواكيز المستخدمة عند مداخل الهواء المضغوط في الأسطوانات ، حيث يحدث أحياناً تسرب هواء عند هذه النقاط مما يؤدي لحدوث خلل في أداء الأسطوانة بالإضافة إلى أنه يؤدي إلى إضاعة الأموال .

ومن أهم أسباب تلف الصمامات وصول أتربة بداخلها مما يؤدي لحدوث تسربات داخلية داخل الصمامات نتيجة لإعاقة حركة العنصر المنزلق في الصمامات المنزلقة أو انحشار العنصر القفاز في الصمامات القفازة .

وعندملاحظة خروج هواء باستمرار من أحد مخارج العادم لأحد الصمامات يجب تحديد سبب هذا التسريب أهو من الصمام نفسه أو من الأسطوانة ويتم ذلك بالطريقة التالية : يفصل خط العادم الواصل بين الأسطوانة والصمام من

جهة الصمام ، فإذا استمر تسرب الهواء من فتحة العادم للصمام دل على أن وسائل منع التسريب للصمام تالفة ، أو يوجد قاذورات داخل الصمام . أما إذا انقطع تسرب الهواء من فتحة العادم للصمام دل على أن وسائل منع التسريب لمكبس الأسطوانة تالفة وتحتاج لتغيير .

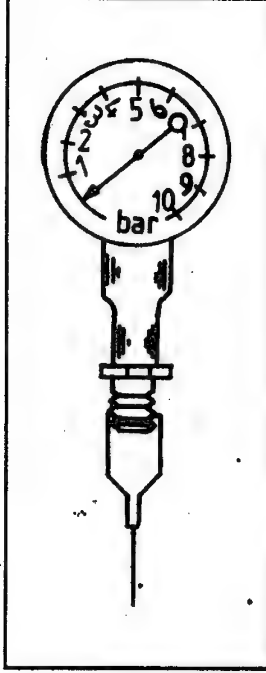
٥ - ٢ اكتشاف الأعطال :

إن اكتشاف الأعطال فى الأنظمة النيوماتيكية الصغيرة يمكن بسهولة اكتشافه بفحص كل عنصر على حدة ، أما فى الأنظمة الكبيرة فإن هذه الطريقة تصبح مستحيلة ، ويعتمد اكتشاف الأعطال فى هذه الحالة على الدراسة والخبرة . وأول مبادئ اكتشاف الأعطال هو المعرفة الجيدة لاستخدام أجهزة القياس مثل :

١ - جهاز قياس الضغط ذى الإبرة ، وهو جهاز قياس ضغط مزود بإبرة ، ويمكن استخدامه لمعرفة الضغط فى الخراطيم الهوائية مباشرة وذلك بغرزه داخل الخرطوم ، علماً بأن ذلك لايسبب حدوث تسرب فى الضغط بعد رفعه من مكان القياس . والشكل ٥ - ١ يعرض مخططاً مبسطاً لجهاز قياس الضغط ذى الإبرة .

٢ - مجموعة قياس ضغط الهواء المضغوط ، وهى متاحة فى الأسواق ويمكن بناؤها بواسطة استخدام عداد ضغط ووصلة T ذات وصلات سريعة .

وحتى يمكن اكتشاف الأعطال فى الدائرة الهوائية يجب أولاً فهم الدائرة الهوائية جيداً ، وهذا يعنى أنه إذا لم يكن لديك معرفة بالدوائر الهوائية للمعدة فى الأحوال المعتادة ، فإنه من الصعب عليك تحديد مكان العطل بسهولة وإصلاحه .



ثم بعد ذلك يجب تقليل خطوات البحث وذلك بعمل بعض الاختبارات المبدئية التالية :

١ - التأكد من وجود ضغط كافٍ عند مخرج وحدة الخدمة .

٢ - التأكد من أن جميع صمامات نهايات المشوار في وضعها الصحيح .

٣ - التأكد من عدم وجود تسريب في أى وصلة مرنة وكذلك عند مخارج التصريف للصمامات الاتجاهية .

٤ - التأكد من سلامة تثبيت الأسطوانات الهوائية .

الشكل ٥ - ١

فإذا لم نحصل على نتائج إيجابية من الاختبارات المبدئية يجب البحث عن الأعطال في كل من :

١ - عناصر الفعل (الأسطوانات والمحركات الهوائية) .

٢ - صمامات التحكم الاتجاهية .

٣ - صمامات الإشارة والمؤقتات الزمنية والعدادات والموديولات المنطقية .

وسوف نشرح هنا طريقة اكتشاف الأعطال في تمرين وحدة سك العملات المعدنية في الفقرة ٤ - ١١ ، والدائرة الهوائية موضحة بالشكل ٥ - ٢ حيث إن تتابع التشغيل كالآتي :

A+, C+, C-, D+, B+, B-, D-, A-

ولنفرض أن الأسطوانة B لا تتقدم للأمام ، وبدراسة الدائرة الهوائية نجد أن الحركة الأمامية للأسطوانة B تحدث في المرحلة الخامسة عند وصول إشارة ضغط من صمام نهاية المشوار P ، لذلك يجب التأكد من :
١ - وصول إشارة ضغط من صمام نهاية المشوار P لمدخل الموديول المنطقي 6 .

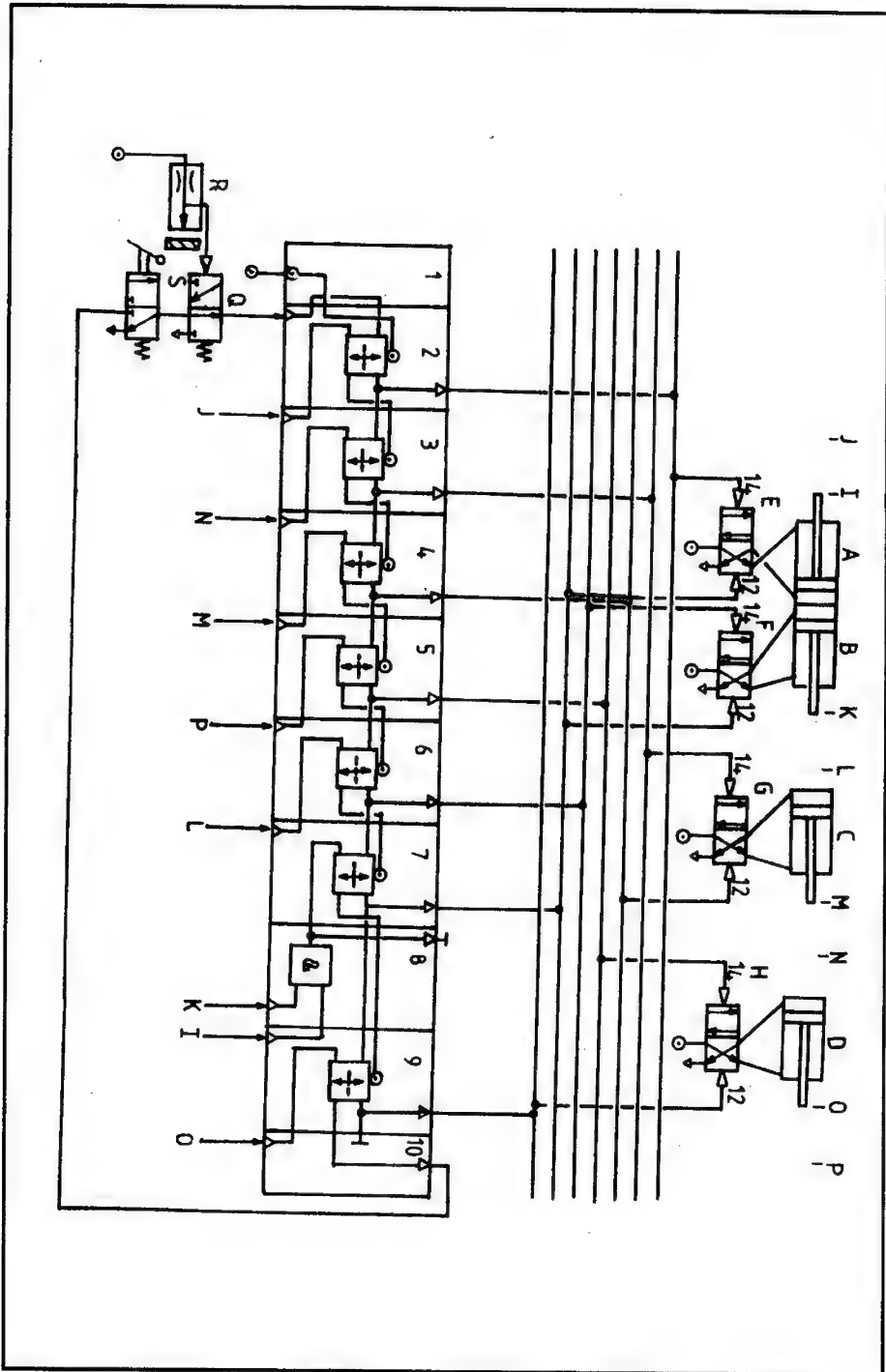
٢ - خروج إشارة ضغط من الموديول المنطقي 6 .

٣ - وصول إشارة ضغط للمدخل 14 للصمام F .

٤ - خروج ضغط من الفتحة 4 للصمام F .

٥ - وصول ضغط لفتحة غرفة مكبس الأسطوانة B .

فإذا كانت نتائج هذه الاختبارات سلبية هذا يعنى وجود مشكلة في الأسطوانة مثل الأسطوانة ملتصقة أو محشورة في صمام نهاية مشوار العودة 12 ، أو يوجد تسريب شديد نتيجة لتلف وسائل منع تسريب الأسطوانة .



النكل ٧-٥

٥ - ٢ - ١ مشاكل الأسطوانات الهوائية وطرق إصلاحها :

الجدول ٥ - ٥ يعرض المشاكل المختلفة للأسطوانات الهوائية وطرق علاجها.

الجدول ٥ - ٥

| المشكلة | السبب | طريقة الإصلاح |
|------------------|---|---|
| فقدان قوة الدفع | ١ - تلف وسائل منع تسريب المكبس .
٢ - صدأ فى القلب الداخلى .
٣ - قاذورات ملتصقة بوسائل منع التسريب .
٤ - احتكاك زائد .
٥ - ضغط منخفض . | ١ - غير وسائل منع التسريب .
٢ - صنفّر القلب الداخلى للأسطوانة .
٣ - استبدل وسائل منع التسريب مع تنظيف الأسطوانة .
٤ ، ٥ - افحص بعناية محاور عمود دفع الأسطوانة وركائز الشبييت .
اختبر ضغط الهواء عند مدخل الأسطوانة . |
| تسريب قبل العمود | ٦ - وسائل منع التسريب للعمود تالفة . | ٦ - استبدل وسائل منع التسريب للعمود ، وإذا كانت على هيئة (مجموعات حلقات ٧) موضوعة داخل جلاند قابل للضبط فى هذه الحالة يشدد على صامولة رباط الجلاند . |
| فقدان الخمد | ٧ - انسداد صمام الخمد .
٨ - تلف وسائل إحكام الخمد . | ٧ - إخراج الصمام وتنظيفه .
٨ - استبدل وسائل إحكام الخمد . |

٥ - ٢ - ٢ مشاكل الخطوط الهوائية وطرق علاجها

الجدول ٥ - ٦ يعرض المشاكل المختلفة للخطوط الهوائية وطرق علاجها .

الجدول ٥ - ٦

| نوع الخط الهوائي | المشكلة | الإجراء المتبع |
|------------------|------------------------|---|
| خطوط صلبة | اهتزاز المواسير | - استخدام وسائل التثبيت المناسبة لمنع الاهتزاز . |
| | تسريب | - تشديد رباط الأدوات المفكوكة واستبدال الأدوات التالفة . |
| | ماء بالخطوط | فحص صمامات تصريف الماء الموجودة على الخط .
- التأكد من وجود ميل في خطوط الهواء الرئيسية (1:2%) عن المستوى الأفقى عند الخزان في اتجاه سريان الهواء .
- التأكد من تصريف الماء المتكاثف في الخزان بواسطة محبس تصريف ماء الخزان .
- التأكد من أن مآخذ الهواء المضغوط للأحمال يتم من خلال كوع نصف قطره خمس مرآت من قطر المواسير بالطريقة الموضحة بالشكل ١ - ٦ . |
| خطوط مرنة | - تسريب | - فحص التآكل عند الوصلات .
- استخدام خراطيم ذات أغلفة قوية في ظروف التشغيل الصعبة .
- استبدال الخراطيم التالفة . |
| | - انخفاض كبير في الضغط | - فحص السطح الداخلى للخراطيم .
- التأكد من أن حجم الخراطيم مناسب .
- التأكد من عدم وجود تسريب . |

٥-٢-٣ المشاكل والأسباب المحتملة في الضواغط الترددية .

الجدول (٥-٧) ، (٥-٨) ، (٥-٩) تعرض المشاكل المحتملة في الضواغط الترددية وأسبابها المحتملة .

الجدول (٥-٧)

| المشكلة | ضوضاء عالية وخط وطقطه | درجة حرارة الهواء الخارج من أكبر من المعتاد | رواسب كربونية غير طبيعية | دورة التشغيل طويلة | تآكل المكابس والشنابر والأسطوانات | تآكل عمود المكبس أو موانع التسريب | ارتفاع درجة حرارة المحرك |
|---------------------------------------|-----------------------|---|--------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| | | | | | | | |
| متطلبات النظام أكبر من الطبيعي | | | | ● | | | |
| ضغط الهواء الخارج أكبر من الطبيعي | ● | ● | ● | | | | ● |
| صمام عدم التحميل عند البدء يحتاج لضبط | | ● | | | | | ● |
| خط المدخل حجمه أصغر من اللازم | | ● | | | | | ● |
| مرشح المدخل مسدود | | ● | | ● | | | ● |
| الصمامات متأكلة أو مكسورة | ● | ● | ● | ● | | | ● |
| التسريب في النظام زائد | | | | ● | | | |
| انزلاق سيور الضاغط | ● | | | | | | |
| السرعة عالية جداً | | ● | ● | | | | ● |
| البكرات والحداقة مفكوكة | ● | | | | | | |
| فك مسامير ركائز التثبيت | ● | | | | | | |
| كراسي المحور تحتاج لضبط أو تغيير | ● | | | | | | |
| مستوى الزيت أعلى من اللازم | ● | ● | ● | | | | |

تابع الجدول ٥ - ٧

| المشكلة | | الأسباب | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------|--|-------------------------|---------------------------------|--|
| ارتفاع درجة حرارة المحرك | تآكل عمود المكبس أو موانع التسريب | تآكل المكابس والذناير والأسطوانات | دورة التشغيل طويلة | رواسب كربونية غير طبيعية | درجة حرارة الهواء الخارج أكبر من المعتاد | ضوضاء عالية وخبوط وطقطه | | |
| ● | ● | ● | | | ● | ● | التزييت غير كافٍ | |
| ● | ● | ● | | ● | | ● | لزوجة الزيت غير صحيحة | |
| | | | | | | ● | اهتزاز المبرد البيئي | |
| ● | | | | ● | ● | | درجة الحرارة المحيطة عالية | |
| ● | | | | ● | ● | | التبريد غير كافٍ | |
| | | | | ● | ● | | انسداد مسار تدفق الهواء للمروحة | |
| | | | | ● | ● | | اتجاه الدوران خطأ | |
| | | ● | | | | | مستوى الزيت منخفض | |
| | | | | | ● | | صمامات الضغط تالفة | |
| | | | | ● | ● | | قمصان التبريد للأسطوانات قذرة | |
| | | | | ● | ● | | وقت التوقف غير كافٍ | |
| | | | | | ● | | ماء التبريد غير كافٍ | |
| ● | | | | | | | السيور مشدودة أكثر من اللازم | |
| | | | | ● | ● | | درجة حرارة الماء الداخل عالية | |
| | ● | ● | | ● | | | مرشح الزيت مسدود | |
| ● | | | | | | | المحرك صغير أو الجهد منخفض | |
| ● | | | | | | | عدد مرات البدء كبيرة | |
| ● | | | | | ● | | خط الضغط مخنوق | |

الجدول (٥-٨)

| المشكلة | الأسباب | تآكل صمامات الضاغط | ماء التبريد الخارج حرارته مرتفعة | ارتفاع درجة حرارة أجزاء الضاغط | يوجد تنفيس في صمام الأمان للخزان | ضغط الخزان أقل من الطبيعي | ضغط الخروج أقل من الطبيعي | خروج الضاغط أقل من الطبيعي |
|---------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| | | | | | | | | |
| | متطلبات النظام أكبر من الطبيعي | | | | | | • | • |
| | ضغط الهواء الخارج أكبر من الطبيعي | | • | • | • | | | • |
| | التسريب زائد في النظام | | | | | | • | • |
| | ختم خط الدخول للضاغط أو صغر الحجم | | | • | | | • | • |
| | انسداد مرشح السحب | | | • | | | • | • |
| | الصمامات متآكلة أو مكسورة | | | • | | | • | • |
| | صمام عدم التحميل عند البدء يحتاج لضبط | | | • | • | • | • | • |
| | يوجد تسريب عند صمام الأمان | | | | | | • | • |
| | انزلاق سيور الضاغط | | | | | | • | • |
| | السرعة أقل من الطبيعي | | | | | | • | • |
| | عداد الضغط تالف | | | | | • | • | |
| | صمام الأمان تالف | | | | • | | | |
| | تسريب عند الجوان | | | • | | | • | • |
| | كمية ماء التبريد غير كافية | | • | • | | | | • |
| | درجة حرارة الماء الداخل عالية | | • | • | | | | • |
| | قمصان التبريد أو المبرد البيئي قلّة | | • | • | | | | |
| | ضغط المبرد البيئي عالٍ | | • | | | | | |

تابع الجدول ٥ - ٨

| المشكلة | الأسباب | خروج الضاغط أقل من الطبيعي | ضغط الخروج أقل من الطبيعي | ضغط الخزان أقل من الطبيعي | يوجد تنفيس في صمام الأمان للخزان | ارتفاع درجة حرارة أجزاء الضاغط | ماء التبريد الخارج حرارته مرتفعة | تآكل صمامات الضاغط |
|----------------------------------|---------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| | | | | | | | | |
| السرعة عالية جداً | | | | | | ● | ● | |
| كراسى المحور تحتاج لضبط أو تغيير | | | | | | ● | | |
| التزييت غير مناسب | | | | | | ● | | ● |
| لزوجة الزيت غير كافية | | | | | | ● | | ● |
| درجة الحرارة المحيطة عالية | | | | | | ● | | |
| التهوية غير كافية | | | | | | ● | | |
| انسداد مدخل الهواء للمراوح | | | | | | ● | | |
| اتجاه الدوران خاطئ | | | | | | ● | | |
| مستوى الزيت منخفض | | | | | | ● | | |
| فترة الراحة غير كافية | | | | | | ● | | |
| السيور مشدودة أكثر من اللازم | | | | | | ● | | |
| مرشح الدخول تالف | | | | | | | | ● |
| مستوى الزيت عالٍ جداً | | | | | | ● | | |

الجدول (٩-٥)

| المشكلة | الأسباب | الضغط يفشل عند البدء | الضغط يفشل في البدء بدون حمل | مرات البدء كثيرة | انخفاض ضغط زيت عمود المرفق | تجمع الماء في غرفة عمود المرفق | خروج زيت مع الهواء المضغوط بدرجة كبيرة | اهتزاز زائد للضاغط |
|---|---------|----------------------|------------------------------|------------------|----------------------------|--------------------------------|--|--------------------|
| يوجد اختناق في خط السحب أو حجم صغير عن اللازم أو طويل عن اللازم | | | | | | | ● | |
| مرشح السحب مسدود | | | | | | | ● | |
| صمام البدء بدون حمل تالف | | ● | ● | ● | | | | ● |
| صمام البدء بدون حمل يحتاج لضبط | | ● | | ● | | | | |
| ضغط الخروج أكبر من المعدل الطبيعي | | | | | | | | ● |
| عداد الضغط تالف | | | | | ● | | | |
| المبرد البيئي يصرف أكثر من اللازم | | | | | | ● | | |
| السرعة عالية جداً | | ● | | | | | | ● |
| البكرة والحدافة مفكوكة | | | | | | | | ● |
| مسامير ركائز التثبيت مفكوكة | | | | | | | | ● |
| خطوط الهواء تحتاج لتثبيت | | | | | | | | ● |
| مستوى الزيت أعلى من اللازم | | | | | | | ● | |
| لزوجة الزيت غير صحيحة | | | | | ● | | ● | |
| اتجاه الدوران خاطئ | | ● | | | | | | |
| مستوى الزيت أقل من اللازم | | | | | ● | | | |
| السيور مشدودة أكثر من اللازم | | ● | | | | | | |

تابع : الجدول ٥ - ٩

| المشكلة | الأسباب | اهتزاز زائد للضاغط | خروج زيت مع الهواء للضاغط بدرجة كبيرة | تجمع الماء في غرفة عمود المرفق | انخفاض ضغط زيت عمود المرفق | مرات البدء كثيرة | الضاغط يفشل في البدء بدون حمل | الضاغط يفشل عند البدء |
|---------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | |
| | نوعية الزيت غير صحيحة | ● | | | | | | |
| | ضغط زيت عمود المرفق عالٍ عن الطبيعي | ● | | | | | | |
| | فترة الدوران بدون حمل طويلة | ● | | | | | | |
| | صمام الأمان تالف | | | | ● | | | |
| | تسرب في خطوط الزيت | | | | ● | | | |
| | انسداد مصفاة الزيت | | | | ● | | | |
| | الخزان صغير عن اللازم | | | | | ● | | |
| | صمام البدء بدون حمل به قاذورات | | | | | | ● | |
| | المحرك الكهربائي صغير | ● | | | | | | |
| | الجهد الكهربائي منخفض عن المطلوب | ● | | | | | | |
| | متتم زيادة الحمل للمحرك فاصل | ● | | | | | | |
| | المصهرات الكهربائية محترقة | ● | | | | | | |
| | التوصيل الكهربائي غير صحيح | ● | | | | | | |
| | متتم انخفاض ضغط الزيت فاصل | ● | | | | | | |
| | كراسي المحور تحتاج لضبط أو تغيير | | | | ● | | | |

الباب السادس

الحسابات النيوماتيكية

٦-١ اختيار الضاغط

عادة يواجه القائم على اختيار الضاغط المناسب بعض التساؤلات والتي يمكن تلخيصها فيما يلي :

- ١ - ما سعة الضاغط الفعلية المطلوبة بوحدة L/S آخذاً التوسعات المستقبلية في الاعتبار ؟
- ٢ - ما الضغط اللازم للحفاظ على ضغط التشغيل المطلوب عند المستخدمين ؟
- ٣ - ما الغرض الذي سيستخدم فيه الهواء المضغوط ؟
- ٤ - ما عدد ساعات تشغيل الضاغط في اليوم / الأسبوع ؟
- ٥ - ما نوع نظام التحكم المطلوب ؟
- ٦ - ما مقدار الحاجة لخزان الهواء ؟
- ٧ - ما الأجهزة المصاحبة المطلوبة مع الضاغط (مبرد إعادة - مجفف - مرشح دخول - كواتم صوت ... إلخ) ؟
- ٨ - ما طبيعة الضاغط (ثابت أو متنقل) ؟
- ٩ - إذا كان الماء هو وسط التبريد المستخدم للضاغط ، فما هو مدى درجات حرارة الماء ، وما هو معدل تلوث ماء التبريد ؟

١٠- ما المواصفات الكاملة للمكان المقترح وضع الضاغط فيه ؟

١١- ما ضغط الهواء الجوي للوسط المحيط ؟

١٢- ما حدود درجات حرارة الوسط المحيط ؟

١٣- ما أقصى رطوبة نسبية متوقعة في الوسط المحيط ؟

١٤- ما ارتفاع مكان الضاغط المقترح عن سطح البحر ؟

وفيما يلي أهم المصطلحات الفنية المستخدمة مع الضواغط :

١ - أقصى ضغط Max Pressure

يجب أن يكون أقصى ضغط للضاغط أقل من الضغط الأقصى للعناصر النيوماتيكية ، وإن لم يتحقق ذلك فتستخدم بعض الاحتياطات الأمنية لمنع ارتفاع ضغط الضاغط عن الضغط الأقصى للعناصر النيوماتيكية مثل : استخدام مفتاح ضغط كهربى Pressure Switch للتحكم في تشغيل وإيقاف الضاغط .

٢ - إزاحة المكبس Piston Displacement

ويستخدم هذا المصطلح في الضواغط الترددية ، ويساوي حاصل ضرب حجم أسطوانة الضاغط × عدد الأشواط في الثانية .

٣ - السعة الفعلية من الهواء الحر Actual Capacity (free air delivary)

وتعني حجم الهواء الخارج من الضاغط في الثانية منسوباً لظروف الوسط المحيط ، مستخدماً القانون العام للغازات في ذلك .

٤ - الكفاءة الحجمية Volumetric Efficiency

وهي النسبة المئوية بين السعة الفعلية إلى إزاحة المكبس وتساوي .

$$\eta_v = \frac{\text{السعة الفعلية}}{\text{إزاحة المكبس}} \times 100$$

مثال ١ :

إذا كان معدل تدفق الهواء المضغوط لضغط يساوي 9l/s عند درجة حرارة 70°C وضغط قياس يساوي 7 bar .

المطلوب :

أ - السعة الفعلية للضاغط إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط 27°C ، وضغطه المطلق 1bar .

ب - السعة الفعلية للضاغط إذا كانت درجة حرارة الوسط المحيط 15°C ، وضغطه المطلق 5.95 bar .

الإجابة :

يمكن تعيين السعة الفعلية للضاغط مستخدماً القانون العام للغازات .

$$\frac{P_1 v_1}{T_1} = \frac{P_2 v_2}{T_2}$$

وبالتالي فإن :

$$v_1 = \frac{P_2 v_2 T_1}{P_1 T_2}$$

الحالة أ : حيث إن الضغوط المستخدمة في القانون العام للغازات ضغوط مطلقة ، ولذلك فإن درجات الحرارة المستخدمة مطلقة أيضاً لذلك فإن :

$$P_2 = 7 + 1 = 8 \text{ bar}$$

$$P_1 = 1 \text{ bar}$$

$$T_2 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$$T_1 = 15 + 273 = 288 \text{ K}$$

$$V_2 = 9 \text{ L/S}$$

$$V_1 = \frac{8 \times 9 \times 288}{1 \times 300} = 69 \text{ L/S} \quad \text{وبالتالى فإن :}$$

الحالة ب :

$$P_2 = 8 \text{ bar} \\ T_2 = 300 \text{ k}$$

$$P_1 = 0.95 \text{ bar} \\ T_1 = 288 \text{ k}$$

بالتالى فإن :

$$V_2 = 9 \text{ L/S}$$

$$V_1 = \frac{8 \times 9 \times 288}{0.95 \times 300} = 72.6 \text{ L/S}$$

وهذا يوضح مقدار تغير السعة الفعلية للضاغط بتغير ضغط الوسط المحيط .

٦ - ١ - ١ تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل لضغط :

لتعيين السعة الفعلية لضغط ؛ يجب حساب قيمة استهلاك الهواء للأحمال Air consumption آخذاً المعاملات الآتية فى الاعتبار

١ - معامل الاستخدام (fu) Use factor .

٢ - معامل التوسعة المستقبلية (fe) Future expansion factor .

٣ - معامل تسريب الهواء (fl) Air leakage factor .

أما ضغط تشغيل الضاغط ؛ فيأخذ عادة مساوياً لضغط تشغيل الأحمال آخذاً فى الاعتبار قيمة الفقد فى الضغط والناشئ عن نقل الهواء المضغوط من الضاغط للأحمال .

والمثال ٢ سوف يوضح طريقة تعيين السعة الفعلية وضغط التشغيل لضغط يغذى مجموعة من الأحمال .

مثال ٢ :

الحسابات التالية خاصة بالأقسام المختلفة لمسبك ، علماً بأن معامل الاستخدام للمعدات المختلفة محسوب عند تصميم هذه المعدات .

| المعدة أو الماكينة | استهلاك الهواء للوحدة L/S | العدد | الاستهلاك الأقصى للوحدات L/S | معامل الاستخدام | متوسط استهلاك الهواء L/S | ضغط التشغيل bar |
|-----------------------|---------------------------|-------|------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| المسبك | | | | | | |
| منفاخ القوالب | 11 | 3 | 33 | 0.5 | 16.5 | 5 |
| منضدة دك القوالب | 5 | 2 | 10 | 0.2 | 2 | 5 |
| مسدس نفخ | 8 | 8 | 64 | 0.1 | 6.4 | 5 |
| ماكينة سباكه | 12 | 5 | 60 | 0.3 | 1.8 | 5 |
| رافعة 500 kg | 33 | 3 | 99 | 0.1 | 9.9 | 5 |
| مدك يدوي متوسط | 6 | 1 | 6 | 0.2 | 1.2 | 5 |
| مدك يدوي ثقيل | 9 | 1 | 9 | 0.2 | 1.8 | 5 |
| مطرقة رايش خفيفة | 6 | 2 | 12 | 0.35 | 4.2 | 5 |
| مطرقة رايش متوسطة | 8 | 3 | 18 | 0.35 | 6.3 | 5 |
| مطرقة رايش ثقيلة | 13 | 2 | 26 | 0.2 | 5.2 | 5 |
| ماكينة تجليخ 75 mm | 9 | 2 | 18 | 0.3 | 5.4 | 5 |
| ماكينة تجليخ 150 mm | 25 | 3 | 75 | 0.45 | 33.75 | 5 |
| ماكينة تجليخ 200 mm | 40 | 1 | 40 | 0.2 | 8 | 5 |
| ماكينة تجليخ متوسطة | 23 | 2 | 46 | 0.1 | 4.6 | 5 |
| ماكينة تجليخ ثقيلة | 42 | 2 | 84 | 0.1 | 8.4 | 5 |
| وحدة صقل بالرمل خفيفة | 32 | 1 | 32 | 0.5 | 16 | 5 |
| وحدة ثقل بالرمل ثقيلة | 53 | 1 | 53 | 0.5 | 26.5 | 5 |

| المعدة أو الماكينة | استهلاك الهواء للوحدة L/S | العدد | الاستهلاك الأقصى للوحدات L/S | معامل الاستخدام | متوسط استهلاك الهواء L/S | ضغط التشغيل bar |
|-------------------------|---------------------------|-------|------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| ورشة أعمال الصاج | | | | | | |
| مثقاب خفيف | 6 | 1 | 6 | 0.2 | 1.2 | 5 |
| مثقاب متوسط | 8 | 1 | 8 | 0.2 | 1.6 | 5 |
| مثقاب 12 mm | 15 | 2 | 30 | 0.3 | 9.0 | 5 |
| آلة عمل فلاووظ | 52 | 1 | 52 | 0.05 | 2.6 | 5 |
| آلة عمل سليات | 8 | 1 | 8 | 0.2 | 1.6 | 5 |
| آلة إدارة مفكات | 8 | 2 | 16 | 0.1 | 1.6 | 5 |
| مفتاح ربط بالصدمة 20 mm | 15 | 1 | 15 | 0.2 | 3.0 | 5 |
| مفتاح ربط بالصدمة 22 mm | 23 | 1 | 23 | 0.1 | 2.3 | 5 |
| ماكينة تجليخ 150 mm | 25 | 2 | 50 | 0.3 | 15.0 | 5 |
| ماكينة تجليخ 200 mm | 40 | 1 | 40 | 0.2 | 8.0 | 5 |
| ماكينة تجليخ متوسطة | 23 | 2 | 46 | 0.3 | 13.8 | 5 |
| ماكينة تجليخ ثقيلة | 42 | 1 | 42 | 0.2 | 8.4 | 5 |
| دقاق برشمة متوسط | 18 | 1 | 18 | 0.1 | 1.8 | 5 |
| دقاق برشمة ثقيل | 22 | 1 | 22 | 0.05 | 1.1 | 5 |
| مطرقة رايش خفيفة | 6 | 2 | 12 | 0.2 | 2.4 | 5 |
| مطرقة رايش متوسطة | 8 | 2 | 16 | 0.2 | 3.2 | 5 |
| مطرقة رايش ثقيلة | 13 | 1 | 13 | 0.1 | 1.3 | 5 |
| ونش 6 أطنان | 33 | 1 | 33 | 0.05 | 1.7 | 5 |
| مسدس نفخ | 8 | 2 | 16 | 0.1 | 1.6 | 5 |
| ورشة التجميع | | | | | | |
| مثقاب خفيف | 6 | 3 | 18 | 0.2 | 3.6 | 5 |
| مثقاب متوسط | 8 | 5 | 40 | 0.3 | 12.0 | 5 |
| مثقاب 12 mm | 15 | 6 | 90 | 0.35 | 31.5 | 5 |
| مثقاب ثقيل | 22 | 1 | 22 | 0.1 | 2.2 | 5 |

| المعدة أو الماكينة | استهلاك الهواء للوحدة L/S | العدد | الاستهلاك الأقصى للوحدات L/S | معامل الاستخدام | متوسط استهلاك الهواء L/S | ضغط التشغيل bar |
|------------------------------|---------------------------|-------|------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| مثقاب ثقيل جداً | 33 | 1 | 33 | 0.1 | 3.3 | 5 |
| ماكينة عمل سلبات | 8 | 2 | 16 | 0.1 | 1.6 | 5 |
| وحدة إدارة مفكات | 8 | 2 | 16 | 0.2 | 3.2 | 5 |
| مفتاح ربط بالصدم خفيف | 6 | 1 | 6 | 0.2 | 1.2 | 5 |
| مفتاح ربط بالصدم 20 mm | 15 | 2 | 30 | 0.2 | 6.0 | 5 |
| مفتاح ربط بالصدم 22 mm | 23 | 1 | 23 | 0.1 | 2.3 | 5 |
| ماكينة تجليخ 75 mm | 9 | 2 | 18 | 0.2 | 3.6 | 5 |
| ماكينة تجليخ 150 mm | 25 | 1 | 25 | 0.1 | 2.5 | 5 |
| ماكينة تجليخ متوسطة | 23 | 2 | 46 | 0.2 | 9.2 | 5 |
| ونش هوائي 500 kg | 33 | 1 | 33 | 0.1 | 3.3 | 5 |
| ونش هوائي 1000 kg | 33 | 1 | 33 | 0.1 | 3.3 | 5 |
| مسدس نفخ | 8 | 5 | 40 | 0.02 | 2.0 | 5 |
| ورشة دهان | | | | | | |
| ماكينة تجليخ وتلميع زاوية | 8 | 1 | 8 | 0.2 | 1.6 | 5 |
| ماكينة تجليخ وتلميع متوسطة | 23 | 1 | 23 | 0.3 | 6.9 | 5 |
| وحدة صقل بالرمل | 38 | 1 | 38 | 0.5 | 19.0 | 5 |
| مسدس نفخ | 8 | 1 | 8 | 0.1 | 0.8 | 5 |
| ونش 6 طن | 33 | 1 | 33 | 0.05 | 1.7 | 5 |
| مسدس دهان بالرش | 5 | 2 | 10 | 0.5 | 5.0 | 5 |
| متوسط الاستهلاك الكلي للمسبك | | | | | 365 L/S | |

وبفرض أننا نود عمل توسعة لهذا المسبك في المستقبل لتصبح طاقته الإنتاجية مرة وربع من الحالية فإن معامل التوسعة سيكون $Fe = 1.25$ ، وبفرض

أن هذا المسبك يتم فحصه بصفة مستديمة ، وعمل صيانة لأي تسربات موجودة ، لذا يمكن اعتبار معامل التسريب $FL = 1.05$ ، وبالتالي يصبح الاستهلاك الكلي للمسبك مساوياً

$$\dot{V}_t = \dot{V}_a \times Fe \times FL$$

$$\dot{V}_t = 365.0 \times 1.25 \times 1.05 \approx 479 \text{ L/S}$$

وبفرض أن النسبة بين الاستهلاك الكلي للأحمال إلى السعة الفعلية للضاغط تساوي 0.9 .

$$\frac{\dot{V}_t}{\dot{V}_c} = 0.9$$

لذلك ينتج أن

$$\dot{V}_c = 479/0.9$$

$$\approx 560 \text{ L/S}$$

وحيث إن ضغط تشغيل جميع الماكينات والمعدات 5 bar عدا مسدس الدهان لذلك ينصح باختيار ضاغط ضغطه الأقصى أكبر من 5 bar وليكن 10 bar مع استخدام مفتاح ضغط للتحكم في ضغط خزان الضاغط يتم ضبطه عند قيمة عظمى مقدارها 8 bar ، وقيمة فرقية مقدارها 2 bar ، وبالتالي فإن الضاغط سيعمل على المحافظة على الضغط في الخزان في الحدود 6 : 8 bar .

وتستخدم وحدة خدمة بجوار كل ماكينة أو معدة ، بحيث يمكن من خلال هذه الوحدة ضبط الضغط عند القيمة المطلوبة ، وهو 5 bar أما بالنسبة لمسدس الدهان فيتم ضبط وحدة خدمته على ضغط 3 bar .

٦ - ١ - ٢ اختيار نوع التحكم فى خرج الضاغط

من المعروف أن السعة الفعلية للضاغط يجب أن تكون أكبر من معدل الاستهلاك الكلى للأحمال ، وحيث إن معدل استهلاك الأحمال للهواء المضغوط يتغير من لحظة لأخرى ، لذا كان من الضروري عمل نظام تحكم يحافظ على ذلك .

وهناك عدة أنواع لأنظمة التحكم المستخدمة مثل :

١ - تحكم بالإيقاف والتشغيل Start / Stop control

يقوم هذا النظام بإيقاف الضاغط عند وصول الضغط فى خزان الهواء المضغوط للحد الأقصى المعايير عليه مفتاح الضغط ، ونتيجة لاستهلاك هذا الهواء المضغوط عند الأحمال ؛ ينخفض الضغط وبمجرد انخفاض الضغط بالقيمة الفرقية المعايير عليها مفتاح الضغط ، فإن الضاغط سيدور مرة أخرى للوصول للحد الأقصى المعايير عليه مفتاح الضغط وهكذا .

ويعتبر هذا النظام هو أرخص الأنظمة من حيث تكلفة الطاقة . وعادة فإن عدد مرات البدء والإيقاف للمحرك الكهربى (وسيلة إدارة الضاغط) يجب أن يكون محدودا لارتفاع تيار البدء للمحركات الكهربائية مما يسبب فى ارتفاع درجة حرارتها . وينصح بأن تكون عدد مرات البدء لا تزيد عن 6 مرات فى الساعة .

٢ - التحكم بالتشغيل بدون حمل No - Load control

يسمح هذا النظام بدوران الضاغط حتى يصل الضغط فى خزان الهواء المضغوط للضغط المعايير عليه مفتاح الضغط بعدها يغلق صمام خط السحب للضاغط ، فيتوقف تدفق الهواء الجوى إلى داخل خط السحب للضاغط ،

وبالتالى يدور الضاغط بدون حمل ويكون حمل المحرك الكهربى فى هذا الحالة حوالى 30% : 20 من الحمل الكامل له . وعندما ينخفض الضغط فى الخزان بالقيمة الفرقية المعايير عليها مفتاح الضغط ؛ فإن صمام خط السحب سوف يفتح مرة أخرى ، وبهذه الطريقة يمكن التقليل من درجة حرارة المحرك الكهربى . (وسيلة إدارة الضاغط) وتصل عدد مرات فتح صمام السحب إلى 30 مرة فى الساعة بحد أقصى . وبهذا النظام يمكن تقليل سعة الضاغط الفعلية لتصبح 90% تقريباً من معدل الاستهلاك الكلى للأحمال مع تقليل القيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وهذا أوفر من حيث التكلفة المبدئية لصغر حجم الضاغط المستخدم .

٣ - التحكم المركب (Flexomat) Combination Control

وفى هذا النظام يتم تشغيل الضاغط بدون حمل عند وصول الضغط فى الخزان للحد الأقصى المعايير عليه مفتاح الضغط بشرط ألا تزيد فترة تشغيل الضاغط بدون حمل عن 10 دقائق بعدها يتوقف الضاغط ثم يدور مرة أخرى عند انخفاض الضغط فى الخزان بالقيمة الفرقية لمفتاح الضغط ، وينصح أن يكون عدد مرات بدء المحرك الكهربى لا تزيد عن 6 مرات فى الساعة ؛ بينما يصل عدد مرات فتح صمام السحب إلى 30 مرة فى الساعة بحد أقصى .

٤ - التحكم بتغير السرعة Variable Speed Control

يعتبر هذا النظام هو الأمثل للضاغط ذات الإزاحة الموجبة مثل الضواغط الترددية والريشية ، حيث يقوم هذا النظام بتقليل تيار البدء والفرملة للمحركات الكهربائية المستخدمة فى إدارة الضواغط ، وذلك باستخدام بادئات اليكترونية ، وبالتالى يمكن بدء هذه المحركات بعدد مرات أكبر من 6 مرات فى الساعة .

٥ - التحكم فى مجموعة ضواغط Multi Set Control

يستخدم هذا النظام عندما يكون هناك تغيير كبير فى معدل استهلاك الهواء المضغوط أثناء ساعات اليوم فى المنشأة .

وفى هذا النظام تستخدم مجموعة من الضواغط الصغيرة ، ويتم التحكم فيها مركزياً ، فإذا كان عدد الضواغط المستخدمة 2 مثلاً فعند توقف ضاغط فإن معدل استهلاك القدرة الكهربائية سوف ينخفض للنصف أو أقل بالإضافة إلى أن ذلك سوف يزيد من عمر الضاغطين . ويستخدم الميكروبروسيوسور فى التحكم فى مجموعة الضواغط ، وذلك للوصول للوضع الأمثل فى التشغيل لتقليل استهلاك القدرة الكهربائية ومساواة ساعات التشغيل لجميع الضواغط .

مثال ٣ :

بخصوص نظام التحكم الأمثل لضواغط المسبك (مثال ٢) فيلاحظ أن استهلاك المسبك من الهواء المضغوط يساوى 0.9 من سعة الضاغط الفعلية من الهواء الحر ، وهذا يشجع على استخدام نظام التحكم بدون حمل فى الضاغط لرفع عدد مرات البدء والإيقاف بحد أقصى 30 مرة فى الساعة .

٦ - ٢ اختيار أقطار مواسير الشبكة الهوائية :

هناك عاملان هامين عند اختيار أقطار المواسير المستخدمة فى الشبكة الهوائية وهما :

- سرعة التدفق : فيجب أن تكون أقل من 10 m/s لتجنب الضوضاء الشديدة عند النقاط ذات السرعات العالية (الصمامات) .

- الانخفاض فى الضغط نتيجة للاحتكاك : يجب ألا يزيد عن (0.1 : 0.2 bar)
والشكل ٦ - ١ يستخدم فى تعيين القطر المناسب للخطوط الهوائية بدلالة معدل

التدفق والانخفاض المسموح في الضغط ، نتيجة للاحتكاك وطول الخط الهوائي ، وتستخدم المعادلة التقريبية التالية لتحديد المعامل K ، والذي يمثل المحور الرأسى للمنحنى المبين بالشكل (٦ - ١) .

$$k=1000 \frac{\Delta p(p+1)}{L}$$

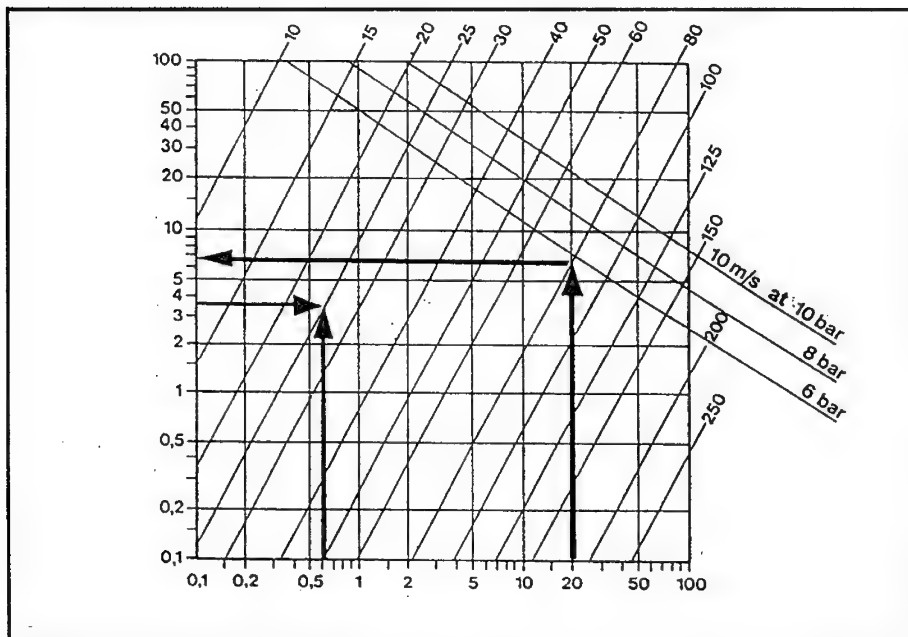
حيث إن :

ΔP الانخفاض في الضغط نتيجة للاحتكاك بوحدة bar

L طول الخط الهوائي متضمناً الطول المكافئ للأدوات المستخدمة بالمتر

P ضغط التشغيل المقاس (bar) .

علماً بأن أعلى خطوط حدود الضغط 6, 8, 10, bar تكون سرعة تدفق الهواء المضغوط أكبر من 10m/s .



الشكل ٦ - ١

مثال ٤ :

احسب الانخفاض في ضغط الهواء المضغوط المار في خط هوائي طوله 150m وقطره 80 mm بمعدل تدفق $20\text{m}^3/\text{min}$ ، وبضغط قياس مقداره 7 bar .

الإجابة :

من الشكل (٦ - ١) نجد أن العامل k يساوى 6.5 تقريباً

$$k = 1000 \frac{\Delta p (p+1)}{L}$$

وحيث إن :

لذا ينتج أن

$$\Delta p = \frac{6.5 \times 150}{1000 \times 8} = 0.12 \text{ bar}$$

مثال ٥ :

عين قطر الخط الهوائي المناسب الذى طوله 200m ، ويمر فيه الهواء مضغوط بمعدل $0.6\text{m}^3/\text{min}$ عند ضغط مقاس 6 bar إذا كان الانخفاض في الضغط المسموح به يساوى 0.1 bar .

الإجابة :

$$\begin{aligned} k &= 1000 \frac{\Delta p (p+1)}{L} \\ &= 1000 \times \frac{0.1 \times 7}{200} = 3.5 \end{aligned}$$

ومن الشكل ٦ - ١ عند تدفق $0.6 \text{ m}^3/\text{min}$ ومعامل k يساوى 3.5 ينتج أن قطر الخط الهوائي المناسب يساوى 25 mm تقريباً .

والجدول ٦ - ١ يبين الطول المكافئ بوحدة m لأدوات التوصيل والصمامات اليدوية ذات الأقطار المختلفة والمصنوعة من الصلب .

الجدول ٦ - ١

| الصمام أو أداة التوصيل | القطر (mm) | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 25 | 40 | 50 | 80 | 100 | 125 | 150 | 200 | 250 |
| صمام بمقعدة
Seat valve | 6 | 10 | 15 | 25 | 30 | 50 | 60 | 85 | 110 |
| صمام كروي
ball valve | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.5 | 5 |
| كوع | 1.5 | 2.5 | 3.5 | 5 | 7 | 10 | 15 | 18 | 25 |
| انحناء بماسورة
بحيث $r = d$ | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3.4 | 4.8 |
| انحناء بماسورة
بحيث $r = 2d$ | 0.15 | 0.25 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.5 | 1.5 | 2 | 2.8 |
| تيه | 2 | 3 | 4 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 35 |
| ومخفض قطر من
2d إلى d . | 0.2 | 0.7 | 1.2 | 2.0 | 2.5 | 3.5 | 4.0 | 6 | 8 |

مثال ٦ :

عين القطر المناسب لخط الهواء الرئيسى لأحد المسابك إذا علمت أن :
 طول الخط 300m ويحتوى على محبس كروي وعدد 10 كوع وعدد 5 تيه ،
 وكان ضغط التشغيل المقاس 8 bar عند درجة حرارة 30°C وكان الضغط الجوى
 المطلق 1 bar ودرجة حرارة الوسط المحيط 20°C ومعدل استهلاك الأحمال للهواء
 الحر 360 L/s .

الإجابة :

$$V_t = \frac{360 \times 60}{1000} = 21.6. \text{ m}^3 / \text{min}$$

في البداية نحول معدل استهلاك الأحمال من وحدة L/S إلى وحدة / m³ min ويفرض أن الطول المكافئ للأدوات المستخدمة يكافئ 40% من طول الخط الهوائي لذا فإن الطول الكلي المكافئ يساوي $L=300 \times 1.4=420\text{m}$ ويفرض ان الانخفاض المسموح به في الضغط نتيجة للاحتكاك يساوي 0.1 bar لذلك فإن

$$k = \frac{1000 \Delta p (p+1)}{L}$$
$$= \frac{1000 \times 0.1 (8+1)}{420} = 2.1$$

ومن المنحنى الموضح بالشكل ٦ - ١ نجد أن قطر الخط الهوائي عند تدفق 3.2m³ / min ومعامل 2.1 يساوي 100mm .

وللتأكد من أن هذا القطر مناسب نعيد الحسابات مرة أخرى فنعين الطول المكافئ للخط الهوائي ويساوي مجموع الطول الفعلي للخط مضافاً إليه الطول المكافئ للأدوات المستخدمة .

حيث يمكن تعيين الطول المكافئ للأدوات المستخدمة كما يلي :

| الطول المكافئ | العنصر |
|---------------|---------------|
| 1.5 | عدد ١ محبس |
| 10x7 | عدد 10 كوع |
| 5x10 | عدد 5 تيه |
| 121. 5m | الطول المكافئ |

أى أن الطول المكافئ للخط الهوائي يساوى

$$L=300 + 121.5 = 421.5m$$

وبلاحظ أنه لا يوجد اختلاف يذكر بين الطول المكافئ للخط الهوائي الفعلى والمفروض سابقاً . لذلك فإن الفرض صحيح والحسابات صحيحة .

والجدير بالذكر أنه فى الشبكات الهوائية ذات المخارج المتعددة يفترض أن جميع الخطوط الفرعية الخاصة بالأحمال فى نهاية الخط الرئيسى وذلك لتقليل الحسابات اللازمة لتعيين القطر المناسب ؛ علماً بأنه من الممكن استخدام مخفضات أقطار فى الخطوط الرئيسية حيث يقل معدل التدفق فى الخط كلما اقتربنا من نهايته .

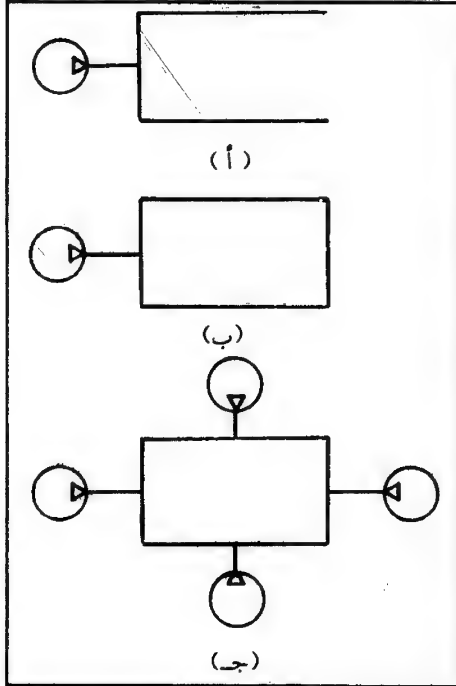
وفى الخطوط الهوائية الطويلة يمكن التقليل من فقد الضغط وتحقيق التوزيع المناسب لجميع الأحمال فى آن واحد باستخدام أحد الأنظمة المبينة

بالشكل ٦ - ٢ وهم :

أ - النظام المركزى .

ب - النظام الحلقى المركزى .

ج - النظام الحلقى الغير المركزى .



الشكل ٦ - ٢

٦ - ٣ اختيار حجم الخزان المناسب

لتعيين حجم الخزان المناسب تستخدم المعادلة التقريبية التالية :

$$V_{\text{tank}} = \frac{3600 \dot{V}_c}{S \Delta p k}$$

Δp القيمة الفرقية لمفتاح الضغط

\dot{V}_c السعة الفعلية للضاغط L/s .

حيث إن :

s عدد مرات تشغيل الضاغط في الساعة .

k معامل يعتمد على دورة التشغيل .

ويمكن الحصول على العامل k بدلالة دورة التشغيل كنسبة مئوية وتساوى

$$E D \% = \frac{\text{الاستهلاك الكلي للأحمال}}{\text{السعة الفعلية للضاغط}} \times 100$$

وذلك من الجدول ٦ - ٢

الجدول ٦ - ٢

| ED% | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|-----|----|------|------|------|------|
| K % | 4 | 4.17 | 4.76 | 6.25 | 11.1 |

مثال ٧ :

احسب حجم خزان الهواء المناسب لضغط هوائي سعته الكلية 600 L/s عند ضغط التشغيل 7 bar ، إذا كان عدد مرات التشغيل يساوى 10 مرات في

الساعة وكانت القيمة الفرقية لمفتاح الضغط 2 bar ؛ علماً بأن الاستهلاك الكلي للأحمال 480 L/S .

الإجابة :

$$\begin{aligned} ED \% &= \frac{\text{الاستهلاك الكلي للأحمال}}{\text{السعة الكلية للضاغط}} \times 100 \\ &= \frac{480}{600} \times 100 \\ &= 80 \end{aligned}$$

ومن الجدول ٦-٢ نجد أن $K = 6.25$.

وحيث إن

$$V_{\text{tank}} = \frac{3600 \dot{V}_c}{S \Delta P K}$$

لذلك فإن

$$\begin{aligned} &= \frac{3600 \times 600}{10.2 \times 2 \times 6.25} \\ &= 17280 \text{ L} \\ &= \frac{17280}{1000} = 17.28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

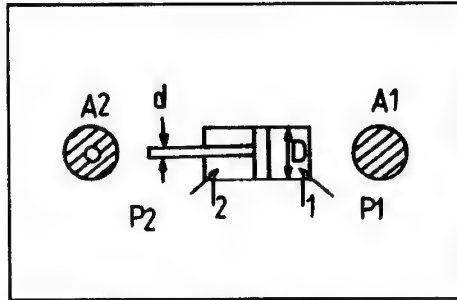
٦-٤ المعادلات الخاصة بالأسطوانات الهوائية

الجدول ٦-٣ يعرض الكميات المختلفة المستخدمة في الأسطوانات .

الجدول ٦-٣

| الرمز | الوحدة | الكمية |
|-------|--------|-------------------------------------|
| V_1 | L | حجم الهواء الجوي الحر في شوط الذهاب |
| V_2 | L | حجم الهواء الجوي الحر في شوط العودة |
| D | mm | قطر المكبس |

| الرمز | الوحدة | الكمية |
|----------------|-----------------|---------------------------------------|
| d | mm | قطر العمود |
| L | Cm | طول الشوط |
| F ₁ | N | قوة الدفع في الذهاب |
| F ₂ | N | قوة الدفع في العودة |
| FR | N | قوة الاحتكاك |
| FS | N | قوة دفع الياي (الأسطوانات الأحادية) |
| A ₁ | Cm ² | مساحة المكبس |
| A ₂ | Cm ² | المساحة الحلقية للمكبس |
| P ₁ | bar | الضغط الواقع على المكبس (مقاس) |
| P ₂ | bar | الضغط في غرفة عمود المكبس (مقاس) |
| N ₁ | Str/s | عدد أشواط الذهاب (شوط / ثانية) |
| N ₂ | Str/S | عدد أشواط العودة (شوط / ثانية) |
| \dot{V}_t | LiS | معدل الاستهلاك الكلي |



الشكل ٣-٦

والشكل ٣-٦ يعرض الكميات المختلفة الخاصة بالأسطوانات الهوائية الثنائية الفعل .

أولاً : المعادلات الخاصة بالأسطوانات الأحادية الفعل .

$$F_1 = 9.8 (P_1 A_1 - FR - FS) (N)$$

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{400} \quad (Cm^2)$$

$$V_1 = \frac{P_1 A_1 L}{1000} \quad L$$

$$\dot{V}_t = N_1 V_1 \quad L/S$$

ثانياً : المعادلات الخاصة بالأسطوانات ثنائية الفعل .

$$F_1 = 9.8 (P_1 A_1 - P_2 A_2 - FR) \quad (N)$$

$$F_2 = 9.8 (P_2 A_2 - P_1 A_1 - FR) \quad (N)$$

$$A_1 = \frac{\pi D^2}{400} \quad (Cm^2)$$

$$A_2 = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \quad (Cm^2)$$

$$V_1 = \frac{P_1 A_1 L}{1000} \quad (L)$$

$$V_2 = \frac{P_2 A_2 L}{1000} \quad (L)$$

$$\dot{V}_t = N_1 V_1 + N_2 V_2 \quad (L/S)$$

مثال ٨ :

أسطوانة هوائية قطر مكبسها 5 cm ، وقطر عمودها 2 cm ، وطول شوطها 50 cm ، وضغط تشغيلها المقاس 6 bar المطلوب :

١ - حساب معدل استهلاك الهواء إذا علمت أن عدد الأشواط الفردية للأسطوانة في الثانية هو 6 أشواط .

٢ - قوة دفع الأسطوانة في شوط الذهاب والعودة .

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{P_1 A_1 L}{1000} \\ &= \frac{(6+1) \frac{\pi}{4} \times (5)^2 \times 50}{1000} \\ &= 6.8 L \end{aligned}$$

$$V_2 = \frac{P_2 A_2 L}{1000}$$

$$= \frac{(6+1) \frac{\pi}{4} \times (5^2 - 2^2) \times 50}{1000}$$

$$= 5.8 \text{ L}$$

$$\dot{V}_t = N_1 V_1 + N_2 V_2$$

وحيث إن عدد الأشواط الفردية 6 .

لذلك فإن

$$N_1 = N_2 = 3$$

$$\dot{V}_t = 3 \times 6.8 + 3 \times 5.8 = 37.8 \text{ L / S .}$$

$$F_1 = 9.8 (P_1 A_1 - p_2 A_2 - FR)$$

وحيث إن الهواء الفائض يخرج للهواء الجوى لذلك فإن $P_2=0$ وبفرض أن قوة الاحتكاك تساوى 10 % من قوة الدفع .

لذلك فإن

$$F_1 = 9.8 (P_1 A_1 - FR)$$

$$= 9.8 (P_1 A_1 - 0.1 P_1 A_1)$$

$$= 9.8 \times 0.9 \times 6 \times \frac{\pi}{4} \times 5^2$$

$$= 1040 \text{ N}$$

$$F_2 = 9.8 (P_2 A_2 - P_1 A_1 - FR)$$

وعند العودة فإن

$$P_1 = 0$$

لذلك فإن

$$F_2 = 9.8 (P_2 A_2 - 0.1 P_2 A_2)$$

$$= 9.8 \times 6 \times \frac{\pi}{4} \times (5^2 - 2^2)$$

$$= 873 \text{ N}$$

ويمكن معرفة المواصفات الفنية للأسطوانات ثنائية الفعل ، والخاضعة للمواصفات العالمية Iso بدلالة قوة الذهاب F_1 (N) وقوة العودة F_2 (N) وطول المشوار L (mm) وذلك من الجدول ٦ - ٤ .

الجدول ٦ - ٤

المواصفات الفنية للأسطوانات الهوائية القياسية الثنائية الفعل

| طول المشوار
mm | فلاووظ عمود
المكبس | حجم وصلات
الأسطوانة | F2
عند
6 bar(N) | F1
عند
6 bar(N) | قطر مكبس
الأسطوانة
(mm) |
|-------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1:100 | M4 | M5 | 16 | 24 | 8 |
| 1:100 | M4 | M5 | 32 | 40 | 10 |
| 1:200 | M6 | M5 | 38 | 55 | 12 |
| 1:200 | M6 | M5 | 87 | 104 | 16 |
| 1:300 | M8 | G1/8 | 140 | 170 | 20 |
| 1:500 | M10 x 1.25 | G1/8 | 220 | 267 | 25 |
| 1:2000 | M10 x 1.25 | G1/8 | 380 | 450 | 32 |
| 1:2000 | M12 x 1.25 | G1/4 | 590 | 710 | 40 |
| 1:2000 | M16 x 1.5 | G1/4 | 940 | 1130 | 50 |
| 1:2000 | M16 x 1.5 | G3/8 | 1610 | 1800 | 63 |
| 1:2000 | M20 x 1.5 | G3/8 | 2610 | 2900 | 80 |
| 1:2000 | M20 x 1.5 | G1/2 | 4260 | 4550 | 100 |
| 1:2000 | M27 x 2 | G1/2 | 6880 | 7360 | 125 |
| 1:2000 | M36 x 2 | G3/4 | 11110 | 12060 | 160 |
| 1:2000 | M36 x 2 | G3/4 | 17890 | 18840 | 200 |
| 1:1100 | M42 x 2 | G1 | 28280 | 29450 | 250 |
| 1:1100 | M48 x 2 | G1 | 46380 | 48250 | 320 |

علماً بأن سرعة الأسطوانات الهوائية يجب ألا تتعدى 1000 mm / Sec ،
والجدير بالذكر أن M تعنى أن القلاووظ مترى ، G تعنى أن القلاووظ إنجليزي
ويمكن معرفة أحجام الأسنان المختلفة ومواصفاتها الفنية من الجدول ٦ - ٥ .

الجدول ٦ - ٥

| المكافئ
الإنجليزي | المكافئ المترى | عدد
الأسنان
بالبوصة | الخطوة
(mm) | القطر الداخلى
للقلاووظ
(mm) | القطر الخارجى
للقلاووظ
(mm) |
|----------------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | M4 | | 0.7 | 3.2:3.4 | 3.8:3.9 |
| | M5 | | 0.8 | 4.1:4.3 | 4.8:4.9 |
| | M6 | | 1.0 | 4.9:5.2 | 5.7:5.9 |
| | M8 | | 1.25 | 6.6:6.9 | 7.7:7.9 |
| G1/8 | | 28 | | 8.5:8.8 | 9.5:9.7 |
| | M10 | | 1.5 | 8.4:8.7 | 9.7:9.9 |
| | M12 | | 1.75 | 10.1:10.4 | 11.6:11.9 |
| G1/4 | | 1.9 | | 11.4:11.9 | 12.9:13.2 |
| G3/8 | | 19 | | 14.9:15.4 | 16.4:16.7 |
| G1/2 | | 14 | | 18.6:19.2 | 20.7:20.9 |
| G3/4 | | 14 | | 24.1:24.7 | 26.2:26.4 |
| G1 | | 11 | | 30.3:30.9 | 32.9:33.2 |

والجدول ٦ - ٦ يعطى قيم تقريبية لحجم وصلة الصمام ومعدل تدفقه من الهواء الحر بمعلومية قطر الأسطوانة .

الجدول ٦ - ٦

| معدل التدفق L / min | حجم وصلة الصمام | قطر مكبس الأسطوانة (mm) |
|---------------------|-----------------|---------------------------|
| 105 | M5 | تصل إلى 25 |
| تصل إلى 180 | G1/8 | 25:50 |
| تصل إلى 1140 | G1/4 | 50:100 |
| تصل إلى 3000 | G1/2 | 100:200 |
| تصل إلى 6000 | G1 أو G3/4 | 200:320 |

مثال ٩ :

عين المواصفات الفنية لأسطوانة ثنائية الفعل طول مشوارها 600 mm وكان الحمل المعرض له عمود الأسطوانة عند الذهاب 1000 N .

الإجابة :

من الجدول ٦ - ٤ نجد أن قطر مكبس الأسطوانة 50 mm ، وقوة دفع المكبس عند الذهاب 1130 N ، وعند العودة 940 N عند ضغط 6bar وحجم وصلات الأسطوانة G1/4 وقلاووظ عمود المكبس M 16 X1.5 أى قطر القلاووظ الخارجى 16 mm وخطوة السنة 1.5 mm .







ملحق - ١ الوحدات المستخدمة فى النيوماتيك

الجدول التالى يعرض الكميات المختلفة ووحداتها المختلفة ومعامل التحويل من الوحدة الأولى إلى الوحدة الثانية :

| الكمية | الوحدة الأولى | الرمز | الوحدة الثانية | الرمز | معامل التحويل |
|--------------------------|--|-----------------|---------------------------------------|---------------------|---------------|
| Pressure | Bar | Bar | Atmospher | atm | 0,9869 |
| Pressure | Bar | Bar | Kilogram force/cm ² | kgf/cm ² | 1,0197 |
| Pressure | Bar | Bar | Pound force/Sq. Inch (psi) | Ibf/in ² | 14,5053 |
| Force | Kilogram force | Kgf | Newton | N | 9,8066 |
| Force | Kilogram force | Kgf | pound force | Ibf | 2,2045 |
| Weight | Kilogram | Kg | Gramme | g | 1000 |
| Weight | Kilogram | Kg | Pound | I b | 2,2045 |
| Viscosity | Centistoke | cSt | Engler degree | ° E | |
| Temperature | centigrade | ° C | Fahrenheit | ° F | |
| Volume Dis-
placement | Cubic centimet-
re (10 ⁻⁶ m ³) | cm ³ | Liter | l | 0,001 |
| Volume Dis-
placement | centimetre (10 ⁻⁴
m ²) | cm ³ | Cubic inch (ft ³ /
1728 | in ³ | 0,0610 |
| Length | centimetre (10 ⁻²
m) | cm | Inch (ft/12) | In | 0,3937 |
| Area (Section) | Square centi-
metre (10 ⁻⁴ m ²) | cm ² | Square inch
(ft ² /144) | in ² | 0,1550 |
| Capacity | Litre | l | Gallon, Uk | Uk gal | 0,2199 |
| Capacity | Litre | l | Gallon, Us | Us gal | 0,2641 |
| Angle | Degree | ° | Radian | rad | 0,0174 |
| power | Kilowatt | kW | Horse Power | Hp | 1,36 |
| Momentum
(torque) | Kilogram force
meter | kgfm | Newton metre | Nm | 9,8066 |
| Momentum
(torque) | Kilogram force
meter | kgfm | pound force
inch | Ibf In | 86,7845 |
| Angular Speed | Revolution per
minute | Rpm | Radian per sec-
ond | rad/
sec | 0,1047 |
| Flow | Liter per minute | L/min | Gallon (uk) per
minute | (uk)
GPM | 0,2199 |
| Flow | Liter per minute | L/min | Gallon (uk) per
minute | (US)
GPM | 0,2641 |

ملحق - ٢ الرموز النيوماتيكية

أولاً : الضواغط والمحركات الهوائية :

- 
 ضاغط هوائى .
- 
 مضخة تفريغ .
- 
 محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى اتجاه واحد .
- 
 محرك هوائى بسرعة ثابتة يدور فى الاتجاهين .
- 
 محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى اتجاه واحد
- 
 محرك هوائى بسرعة يمكن التحكم فيها ويدور فى الاتجاهين .

ثانياً : الأسطوانات الهوائية :

- 
 أسطوانة أحادية الفعل تعود ذاتياً بفعل حمل خارجى .

أسطوانة أحادية الفعل تعود ذاتياً بفعل ياي إرجاع .



أسطوانة ثنائية الفعل بذراعى دفع .



أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد فى اتجاه واحد .



أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد حركة متغيرة القيمة فى اتجاهى الحركة .



أسطوانة هوائية دوارة .



أسطوانة تلسكوبية .




أسطوانة تكبير ضغط .





ثالثاً : عناصر ترشيح وتجهيف وتزيت والتحكم فى ضغط الهواء المضغوط

مرشح .




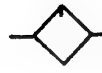
فاصل ماء يدوى . 


فاصل ماء أوتوماتيكي . 


مرشح بفاصل ماء يدوى . 

مرشح بفاصل ماء أوتوماتيكي . 


مجفف . 

مزبئة . 

صمام تنظيم ضغط . 

صمام تنظيم ضغط بفتحة تصريف . 

صمام تتابعى . 

وحدة خدمة . 

رابعاً : الصمامات اللارجعية والصمامات الخانقة :

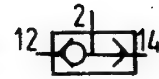
صمام لارجعى حر .



صمام لارجعى يباى .



صمام ترددى (بوابة أو) .



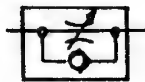
صمام تصريف سريع .



صمام خانق قابل للمعايرة .



صمام خانق لارجعى .














خامساً : خطوط الضغط والوصلات الميكانيكية والهوائية :

مصدر ضغط .











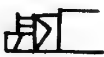


عمود الإدارة .



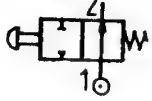
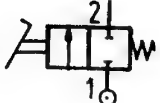
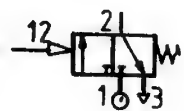
- وصلة ميكانيكية . 
- خط ضغط الهواء . 
- خط العادم . 
- خط التحكم . 
- وصلة هواء مرنة . 
- تقاطع خطوط ضغط بدون توصيل . 
- تقاطع خطوط هواء مضغوط مع التوصيل . 
- وصلة اختبار ضغط مغلقة . 
- وصلة اختبار ضغط موصلة مع خط عداد ضغط . 
- وصلة سريعة مفكوكة . 
- وصلة سريعة مجمعة . 

سادساً : وسائل تشغيل الصمامات الاتجاهية :

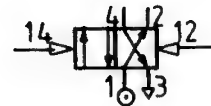
- ذراع تشغيل يعمل باليد . 
- ضاغط يعمل باليد . 
- بدال يعمل بالقدم . 

-  خابور يعمل بالدفع بكامة متحركة .
 بكرة تعمل بالدفع بكامة متحركة .
 ياي إرجاع .
 ملف كهربي .
 ملف كهربي سابق التحكم .
 ملف كهربي بوسيلة يدوية سابقة التحكم .
 إشارة ضغط .
 إشارة ضغط سابقة التحكم .

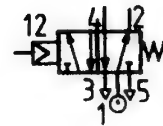
سابعاً : الصمامات الاتجاهية :

-  صمام اتجاهي 2/2 بضغط وياي وبوضع ابتدائي مفتوح .
 صمام اتجاهي 2/2 بيدال وياي وبوضع ابتدائي مغلق .
 صمام اتجاهي 3/2 بإشارة ضغط وياي .

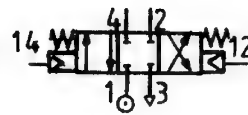
صمام الاتجاهي 4/2 بإشارتي ضغط .



صمام الاتجاهي 5/2 بإشارة ضغط وياي إرجاع (سابق التحكم) .



صمام الاتجاهي 4/3 بإشارتي ضغط وياي إرجاع (سابق التحكم)



ملحق ٣ المصطلحات الفنية النيوماتيكية

| | |
|-------------------------|---|
| Absolute Pressure . | الضغط المطلق : ويساوى الضغط المقاس مضافاً إليه الضغط الجوى . |
| Absolute Temperature . | درجة الحرارة المطلقة : وتساوى درجة الحرارة المقاسة منسوبة إلى الصفر المطلق والذي يساوى 273°K . |
| Actuator | عنصر الفعل : وهو جهاز يقوم بتحويل طاقة الضغط لطاقة حركة مثل الأسطوانات الهوائية . |
| After cooler | مبرد الإعادة : ويقوم بتبريد الهواء المضغوط ويوضع عادة بعد الضاغط |
| Air dryer . | مجفف الهواء المضغوط . |
| Air reciever . | خزان الهواء : المضغوط الذى يمد الدائرة الهوائية بالهواء المضغوط . |
| Air motor . | محرك هوائى . |
| Automatic drain valve . | صمام تصريف ذاتى للماء المتكاثف فى الأنظمة الهوائية . |
| Automatic Control . | تحكم ذاتى (أوتوماتيكي) . |
| Boyle's Law. | قانون بويل : وينص على أن حجم أى غاز جاف يتناسب عكسياً مع الضغط عند ثبات درجة الحرارة . |
| Calibrate . | ضبط أى جهاز قياس للحصول على قراءة صحيحة للكمية المقاسة . |
| Centigrade . | تدريج درجة الحرارة باعتبار أن نقطة تجمد الماء صفر ، ونقطة غليان الماء هى 100 وهذا التدريج مقسم إلى 100 قسم متساوية كل قسم يسمى درجة |

| | |
|--|---|
| Charle's Law . | قانون تشارلز وينص على أن حجم الغاز الجاف يتناسب طردياً مع درجة الحرارة عند ثبات الضغط . |
| Check Valve . | صمام لارجعى يسمح بمرور تدفق الهواء المضغوط فى اتجاه واحد فقط . |
| Compressed air . | ويطلق على الهواء الذى ضغطه أعلى من الضغط الجوى بالهواء المضغوط . |
| Compressor . | الضاغط : ويقوم برفع ضغط الغازات على سبيل المثال الضاغط الهوائى . |
| Condensation . | التكثيف وهو التغير من الحالة الغازية للحالة السائلة . |
| Dew Point . | درجة الحرارة التى عندها يكون الهواء مشبعاً تماماً ببخار الماء . |
| Directional Valve . | صمام اتجاهى : يستخدم فى التحكم فى اتجاه تدفق الهواء المضغوط . |
| Direct Pneumatic operation . | تشغيل مباشر بالهواء المضغوط . |
| Displacement Diagram . | مخطط الإزاحة . |
| Double acting cylinder . | أسطوانة ثنائية الفعل تعطى قوة دفع فى شوطيها (الذهاب والعودة) . |
| Double acting cylinder with cushioning . | أسطوانة ثنائية الفعل بمخمد للحركة فى نهاية شوط الذهاب والعودة . |

| | |
|------------------------------|--|
| | الكفاءة وهي : النسبة بين القدرة الخارجة للقدرة الداخلة كنسبة مئوية. |
| Gravity Force | قوة الجاذبية الأرضية التي تجذب الأجسام لمركز الأرض . |
| Horsepower | وحدة قياس القدرة وتسمى : حصان ميكانيكي. |
| Humidity | الرطوبة وهي وزن بخار الماء في المتر المكعب من الهواء . |
| Idle return roller | البكرة الخاملة : وتستخدم لتشغيل الصمامات الاتجاهية وتعود لوضعها الطبيعي بمجرد الضغط عليها بجسم متحرك . |
| Indirect Pneumatic Operation | تشغيل نيوماتيكي مسبق . |
| Inter Cooler | مبرد بيني : ويقوم بتبريد الهواء المضغوط بين مراحل الضغط المختلفة للضواغط متعددة المراحل . |
| Kelvin Scale | تدرج كلفن : باعتبار أن نقطة تجمد الماء تساوي 273 ، ونقطة غليان الماء تساوي 373 وكل قسم يسمى درجة . |
| Kinetic Energy | طاقة الحركة . |
| Lever Operated | التشغيل بذراع تشغيل . |
| Logicgate | بوابة منطقية . |
| Lubricator | مزيت : يقوم بإضافة زيت للهواء المضغوط . |
| Manual Control | تحكم يدوي . |
| Mass Production | طريقة الإنتاج لعدد معين من شغلات متماثلة في فترة زمنية محددة . |

| | |
|--------------------------|--|
| Meter - In | تنظيم تدفق الهواء الداخل لعناصر الفعل . |
| Meter - Out | تنظيم تدفق الهواء الخارج من عناصر الفعل . |
| Muffler (Silencer) | كاتم صوت يقوم بتقليل صوت الضوضاء الناجمة عن خروج الهواء الفائض . |
| Passage, Pneumatic | مسارات الهواء المضغوط داخل العناصر الهوائية . |
| Pilot Valve | صمام إشارة: يتحكم في صمام آخر رئيسي . |
| Pipe | ماسورة . |
| Piston Type Cylinder | أسطوانة عمود مكبسها له مساحة مقطع أقل من نصف مساحة مقطع المكبس . |
| Pneumatic | علم يدرس خواص الهواء المضغوط . |
| Pneumatic Control Panel | مجموعة من العناصر الهيدروليكية مثبتة داخل لوحة تحكم . |
| Pneumatic Counter | عداد هوائي . |
| Pneumatic Timer | مؤقت زمني هوائي . |
| Port | فتحة دخول أو خروج الهواء المضغوط في العناصر الهوائية . |
| Power | القدرة . |
| Pressure | الضغط . |
| Pressure Differential | فرق الضغط بين نقطتين في الدائرة الهوائية . |
| Pressure Seals | وسائل منع التسريب عند زيادة الضغط . |
| Pressure gauge | جهاز قياس الضغط . |
| Pressure Regulator Valve | صمام تنظيم الضغط للتحكم في ضغط الدائرة . |

| | |
|----------------------------|---|
| Push Button | ضاغط تشغيل يعمل باليد عند الضغط عليه . |
| Prime Mover | مصدر القدرة الميكانيكية المستخدم لإدارة الضاغط الهوائي . |
| Quick Couplig | وصلة سريعة لربط خراطيم الهواء المضغوط المرنة معاً في لحظات . |
| Quick Exhaust Valve | صمام التصريف السريع ؛ ويستخدم لزيادة سرعة الأسطوانات . |
| Ram Type cylinder | أسطوانة لها عمود مكبس مساحة مقطعه أكبر من نصف مساحة المكبس . |
| Reciprocating Compressor | ضاغط ترددي . |
| Relief Valve (Safty Valve) | صمام تصريف الضغط الزائد (صمام أمان) . |
| Restrictor | صمام خائق ويقوم بتقليل معدل التدفق . |
| Roller Operated | التشغيل ببيكرة تدفع بواسطة الأجسام المتحركة . |
| Rotaty Cylinder | أسطوانة دوارة وهذه الأسطوانة تعطي حركة زاوية لا تزيد عن 360° في الاتجاهين . |
| Service Life | الفترة الزمنية التي يعمل فيها العنصر الهوائي بعدها يصبح أداؤه غير مقبول . |
| Service Unit | وحدة الخدمة وتوضع عند الأحمال وتقوم بتجفيف وترشيح وتزيت الهواء المضغوط وكذلك تنظيم ضغطه . |
| Sequence Valve | صمام تتابعي يسمح بمرور الهواء المضغوط عند وصول ضغطه للضغط المعايير عليه الصمام . |

| | |
|-----------------------------|---|
| Shuttle Valve | صمام ترددي وهو يكافئ بوابة أو المنطقية. |
| Shut Off Valve | محبس يدوي للفتح والغلق . |
| Stepper Sequencer | عناصر تحكم هوائية تستخدم للتحكم الذاتي في العمليات المتعاقبة الهوائية . |
| Single - acting Cylinder | أسطوانة أحادية الفعل تعطي قوة دفع في اتجاه الذهاب فقط . |
| Solenoid Operation | التشغيل بملف كهربي . |
| Spring Return | العودة بياي ميكانيكي . |
| Step Diagram | مخطط الإزاحة . |
| Surge | ارتفاع عابر للضغط . |
| VaCuum | انخفاض الضغط عن الضغط الجوي . |
| Vapour | بخار الماء . |
| Volume Plow Rate | حجم الهواء المار عند مقطع معين في الخط الهوائي في زمن معين بوحدة L/S . |
| Exhaust | العاود وهو الهواء الذي يخرج من الدائرة الهوائية للهواء الجوي . |
| Fahrenheit | تدرج قياس درجة الحرارة باعتبار أن نقطة تجمد الماء 32، ونقطة غليان الماء 212 مقسم إلى 180 قسماً متساوٍ وكل قسم يسمى درجة . |
| Feedback | التغذية المرتدة وهو نقل الطاقة من مخرج الجهاز لمداخله . |
| Filter (Strainer) | مرشح يقوم بتنقية الهواء المضغوط من الأتربة العالقة به . |
| Filter With Water Separator | مرشح مزود بفاصل للماء العالق بالهواء. |

| | |
|------------------------|---|
| Flow Control Valve | صمام يتحكم في معدل تدفق الهواء المضغوط . |
| Flow Meter | جهاز قياس معدل تدفق الموائع (غاز - سائل) . |
| Fluid | مائع وهو سائل أو غاز . |
| Force | القوة وتقوم بتغيير حالة الأجسام من السكون للحركة . |
| Free Flow | تدفق بدون أي معوقات وذلك بإهمال المؤثرات الخارجية مثل الاحتكاك . |
| Friction | هو احتكاك جسم بآخر على سبيل المثال احتكاك الغاز عند مروره داخل الأنابيب بالجدران الداخلية لها . |
| Friction Pressure Drop | هو مقدار النقص في ضغط الهواء المضغوط المتدفق في الأنابيب نتيجة للاحتكاك مع الجدران . |
| Gage Pressure | الضغط المقاس منسوباً للضغط الجوي . |
| Gasket | أحد أنواع موانع التسريب وتسمى بجوان ويوضع بين الأجسام الثابتة . |

References : المراجع

- 1 - Stewart, Horryl . Hydraulic and Pneumatic Power for Production . Newyork : Industrial Press.
- 2 - Compressed Air Hand book . Newyork : Compressed Air and gas Institute .
- 3 - Hydraulics and Pneumatics Magazine .
- 4 - Harry L. Stewart . Pneumatics and Hydraulics . Newyork : Macmillan Publishing Co .
- 5 - Pneumatic hand book . England : Trade & Technical Press LTD.
- 6 - Werner Deppert / kurt stoll . Pnumatic application . Germany : Vogel - Verlag .
- 7 - Compressed Air pocket Guide . England : domnick hunter .
- 8 - J.P. Hasebrink , R. Kobler . Fundamentals of Pneumatic Contorl Engineering .
- 9 - H. Meixner / R. Kobler . Maintenance of Pneumatic equipment . Germany . Festo Didactic .
- 10- Introduction to pneumatics . Germany : Festo didactic .
- 11- Bruce E . Mc Cord . Designing Pneumatic Control CirCuits . Newyork : Marcel Dekker, Inc .
- 12- FluidPower . U.S.A : Navy training Publications Center .
- 13 - Wefner Deppert / kurt stool . Pneumatic Control . Germany. Verlag .
- 14 - Frant Yeaple . Fluid Power Design Hand book . Newyork : Marcel Dekker, Inc .
- 15 - J . P . Hasebrink, R. kobler . Fundamental of Pnuematic Control Engineering . Germany Festo Didactic .